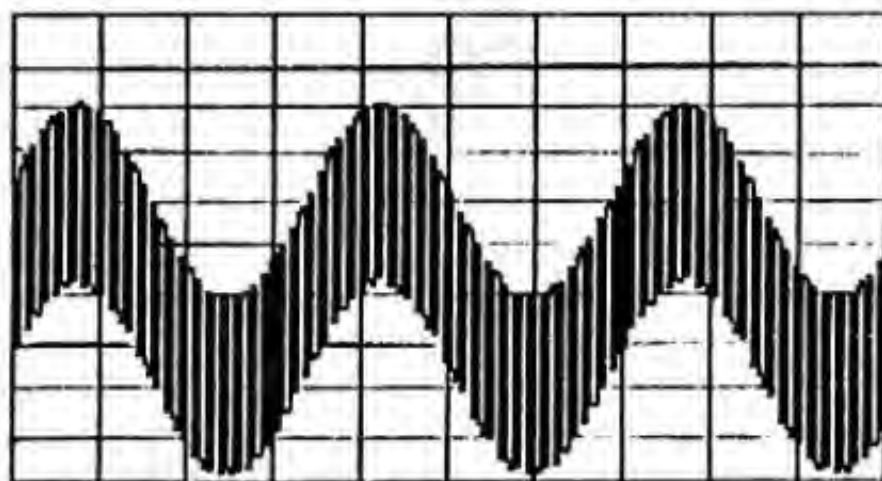


Y-Input:
1 V/div
DC 1:10

Timebase:
500 us/div

Trigger:
AUTO
INT AC
POS



Handbuch zum

DIGI - SCOPE - CONVERTER 500

Inhaltsverzeichnis:

=====

	Seite
Einleitung	3
Anschluß an ein Oszilloskop	4
X-Verstärker	4
Y-Verstärker	4
Verhindern von Einbrennflecken	4
Einstellen von Oszilloskop und Speichervorsatz	5
Fehler und ihre Behebung	5
Zeitbasis	6
Y-Eingang	7
Bereichsüberschreitungen	7
Cursorsteuerung	8
Erzeugung des Schirmbildes	8
Beschreibung des Schirmbildes	9
Triggerarten	10
AUTO Automatisches Triggern	11
NORM Norm Trigger	12
MAN Manuelles Triggern	13
SINGLE Einzel Trigger	14
Bedienung der Sonderfunktionen	15
Übersicht über die Sonderfunktionen	16
DISPLAY Anzeigeumschaltung	17
VOLTAGE Spannungsmessungen	18
TIME Zeitmessungen	19
FREQ Frequenzmessungen	19
POWER Leistungsmessung an 4, 8, 16 bzw. 600 Ohm	20
REFERENCE Messen mit einem Referenzoszillogramm	21
PRINT Druckfunktionen	22
Druckabbruch	23
Kopfzeilen im Ausdruck	23
TEST Testroutinen	24
Kurzbeschreibung aller Bedienelemente	25
Einführung in die digitale Meßwerterfassung	27
Amplitudendiskrete Aufzeichnung	27
Zeitdiskrete Aufzeichnung	27
Das Abtasttheorem	28
Ein Beispiel für Unterabtastung	28
Technische Daten	30
Abgleich des Speichervorsatzes	31
FX80 Drucksteuerzeichen	33
ASCII Drucksteuerzeichen	33
Belegung der Centronicsbuchse	34
Zeitdiagramm zum Centronicsausgang	34
Schaltungsbeschreibung	35
Schaltplan Analogteil	36
Schaltplan Digitalteil	37
Schaltplan D/A-Umsetzer, Ausgangsstufen	38
Schaltplan Netzteil	39
Beispiele von Grafikausdrucken im FX80 Mode	40
Beispiele von ASCII-Ausdrucken	42
Beispiele von Test-Ausdrucken	45

Der DIGI-SCOPE-CONVERTER 500 erweitert Ihr Oszilloskop um viele neue Meßmöglichkeiten. Er arbeitet als eigenständiges Gerät, so daß keinerlei Eingriffe am Oszilloskop vorgenommen werden müssen. Er wird lediglich über zwei Koaxialkabel mit dem X- und Y-Eingang des Oszilloskopes verbunden. Ein Z-Eingang wird nicht benötigt.

Dank der komfortablen Mikroprozessorsteuerung werden alle Einstellungen des Speichervorsatzes übersichtlich am oberen Bildschirmrand eingeblendet. So erkennen Sie auf einen Blick, in welcher Betriebsart sich das Gerät befindet.

Führen Sie Messungen mit dem Speichervorsatz aus, so wird deren Ergebnis ebenfalls auf dem Bildschirm dargestellt. Diese Meßergebnisse werden automatisch laufend ermittelt, so daß Sie immer eine aktuelle Anzeige erhalten.

Der DIGI-SCOPE-CONVERTER 500 führt Spannungs-, Zeit- und Frequenzmessungen durch. Echte signalformunabhängige Effektivwert- und Leistungsmessungen (True-RMS) runden die vielfältigen Meßmöglichkeiten ab.

Eine automatische Cursorpositionierung erleichtert Messungen an periodischen Signalen. Ein intelligenter Suchalgorithmus sucht zu der von Ihnen vorgegebenen Stelle im Signal eine weitere Stelle, die die gleiche Amplitude und Steigung besitzt. Dadurch werden Zeit-, Frequenz- und Effektivwertmessungen stark vereinfacht.

Für Vergleichsmessungen ist ein Referenzsignalspeicher vorgesehen. Darin können Sie mittels eines einfachen Tastendrucks das aktuelle Oszillogramm als Referenz abspeichern. Zwei Darstellungsarten - Alternierend und Differenz - erlauben übersichtliche Vergleichsmessungen.

Für genaue Protokollaufgaben steht ein centronicskompatibler paralleler Druckerausgang zur Verfügung.

Im EPSON-FX80 kompatiblen Mode ist eine hochauflösende Hardcopy des Oszillogramms mit allen Einstellwerten und Meßergebnissen möglich.

Der ASCII-Mode erlaubt den Ausdruck des Oszillogramms wahlweise als Tabelle oder als Pseudografik mit einer Amplitudenauflösung von 64 Stufen auf anderen Druckern.

Nach dem Einschalten erfolgt zunächst ein sorgfältiger Geräteselbsttest. Das Ergebnis dieses Tests wird auf dem Schirmbild gemeldet. Anschließend erscheint ein Gittermuster mit Schriftzug als Einstellhilfe für die X- und Y-Ablenkung. Nach Drücken einer beliebigen Taste verschwindet dieses Einstellmuster und das Gerät arbeitet als digitaler Speichervorsatz.

Um den Anschluß handelsüblicher Tastköpfe zu ermöglichen, besitzt sowohl der Y-Eingang, als auch der Trigger-Eingang einen Eingangswiderstand von 1 MΩ parallel zu 40 pF.

Anschluß an ein Oszilloskop

=====

Der DIGI-SCOPE-CONVERTER 500 übernimmt alle Funktionen eines normalen Oszilloskopes.

Er verwendet seine eigene Zeitbasis und seinen eigenen Eingangsabschwächer. Ihr Oszilloskop wird lediglich auf den X/Y-Betrieb geschaltet.

Die Eingangsabschwächer des Oszilloskopes und die Ausgangsamplitude des Speichervorsatzes werden aufeinander abgestimmt. Weitere Einstellarbeiten sind am Oszilloskop nicht erforderlich. Alles weitere Einstellungen erfolgen am Speichervorsatz.

Zum Anschluß an Ihr Oszilloskop werden zwei Koaxialkabel benötigt, die auf der Speichervorsatzseite einen BNC-Stecker besitzen müssen. Es muß sich um abgeschirmte Leitungen handeln. Selbst kleine Einstreuungen ergeben sonst bereits ein unruhiges und unscharfes Bild.

Der X-Ausgang des Speichervorsatzes wird mit dem X-Eingang des Oszilloskopes verbunden. Ebenso wird der Y-Ausgang angeschlossen.

X-Verstärker

Bei vielen Oszilloskopen verfügt der X-Eingang nicht über einen umschaltbaren Abschwächer. Diese Geräte erwarten eine X-Eingangsspannung mit einer festen nicht änderbaren Amplitude.

Um dem entgegenzukommen, wurde der Speichervorsatz mit einer großen X-Amplitude von 10 Vss ($\pm 5V$) versehen. Mit Hilfe des von der Frontplatte aus zugänglichen Trimpotentiometers läßt sich diese Spannung verkleinern. Dieses Trimpotentiometer befindet sich oberhalb der X-Ausgangsbuchse.

Y-Verstärker

Der Y-Verstärker liefert ein viel kleineres Ausgangssignal. Dies reicht für alle Oszilloskope aus, weil der Y-Eingang immer mit einem einstellbaren Abschwächer versehen ist. Im Gegensatz zum X-Ausgang ist die Ausgangsspannung nicht nullsymmetrisch. Die maximale Y-Ausgangsspannung beträgt +0,7 Volt, die minimale Ausgangsspannung -1,3 Volt. Der Ausgangsabschwächer arbeitet gegen die +0,7 Volt Grenze. D.h. kleine Ausgangsamplituden nähern sich mit ihrer minimalen Ausgangsspannung den +0,7 Volt. Die Ausgangsspannung läßt sich an dem Trimpotentiometer oberhalb der Y-Ausgangsbuchse einstellen.

Das ermöglicht sowohl die Einstellung einer nullsymmetrischen Ausgangsspannung, wie auch einer gleichspannungsbehafteten Ausgangsspannung.

Verhindern von Einbrennflecken

Bei einem nullsymmetrischen Ausgangssignal besteht beim Oszilloskop die Gefahr eines Einbrennfleckes, wenn der Speichervorsatz bei laufenden Oszilloskop ausgeschaltet wird. Die Stelle, an der sowohl X, als auch Y auf 0 Volt sind befindet sich nämlich irgendwo in der Mitte des Bildes.

Wird der Y-Ausgangsspannungsbereich von z.B. + 0,2 Volt bis + 0,7 Volt gewählt, so befindet sich der 0 Volt Punkt außerhalb des sichtbaren Schirmbildes. Wird jetzt der Speichervorsatz ausgeschaltet, bleibt der Strahl unsichtbar.

Es gibt jedoch Oszilloskope, die eine so weitgehende Strahlverschiebung nicht zulassen. Deshalb ist auch der symmetrische Betrieb ermöglicht worden.

Schalten Sie Ihr Oszilloskop auf den X/Y-Betrieb.

Stellen Sie den Strahl mit mittlerer Helligkeit auf Schirmmitte.

Verbinden Sie den X-Ausgang des Speichervorsatzes mit dem X-Eingang des Oszilloskopes mit DC Kopplung. (Noch nicht den Y-Ausgang)

Schalten Sie den Speichervorsatz ein.

Jetzt sehen Sie eine horizontale (waagerechte) Linie mit vielen Punkten.

Stellen Sie die Breite dieser Linie so ein, daß sie beinahe die gesamte Schirmbreite einnimmt. (Bei runden Röhren etwas schmaler)

Verbinden Sie jetzt auch den Y-Ausgang des Speichervorsatzes mit dem Y-Eingang des Oszilloskopes mit DC Kopplung.

Bei richtig eingestellter Y-Amplitude und Lage sehen Sie jetzt ein Testbild, bestehend aus einem großen Gitter. Darüber befindet sich ein Schriftfeld. Ganz oben befindet sich eine einzelne horizontale Linie aus vielen Einzelpunkten.

Stellen Sie die Y-Eingang so ein, daß Sie das Gitter und das Schriftfeld sehen. Die horizontale Linie oben im Bild muß außerhalb des Sichtbereiches verschwinden. Es handelt sich hierbei um eine "Parkzeile", in der sich der Strahl in den Darstellungspausen befindet. (Siehe auch das Kapitel "Erzeugung des Schirmbildes")

Besitzen Sie ein Oszilloskop, das eine große Strahlverschiebung in Y-Richtung zuläßt, so stellen Sie den Y-Ausgang des Speichervorsatzes so ein, daß beim Ausschalten kein Strahl mehr sichtbar ist. (Verhindern von Einbrennflecken)

Fehler und ihre Behebung

Unschärfe Schrift

- Stellen Sie mit dem Focusregler Ihres Oszilloskopes die Schrift scharf.
- Die Verbindungsleitungen zum Speichervorsatz sind nicht abgeschirmt. Einstreuungen durch Brumm etc. lenken den Strahl zusätzlich ab.

Kein Schirmbild

- Der Helligkeitsregler Ihres Oszilloskopes ist nicht weit genug aufgedreht.
- Die Lageverschiebung in X- oder Y-Richtung ist zu stark verstellt. Das Schirmbild liegt außerhalb des Sichtbereiches.

Nur ein heller Punkt

- Beide Trimpotentiometer des Speichervorsatzes befinden sich auf Linksanschlag, so daß die Signalamplitude Null ist.
- Speichervorsatz ist nicht eingeschaltet.

Es ist nur eine Linie sichtbar

- Eines der beiden Trimpotentiometer für die Ausgangsamplitude steht auf Linksanschlag. Stellen Sie beide Trimmer auf Rechtsanschlag.
- Es ist nur ein Verbindungskabel angeschlossen. Überprüfen Sie die Kabel.

Bild ist verdreht

- X- und Y-Ausgang sind gegeneinander vertauscht.

Bild ist seitenverkehrt

- Überprüfen Sie die "Invers"-Schalter an Ihrem Oszilloskop.

Bildstand ist unruhig

- Der X- oder Y- Eingang Ihres Oszilloskopes steht noch auf AC-Kopplung.

Zeitbasis

Die quarzgesteuerte Zeitbasis des DIGI-SCOPE-CONVERTER 500 erstreckt sich von 100 $\mu\text{s}/\text{div}$ bis hin zu 50000 s/div . Das ergibt eine Aufzeichnungszeit für ein Oszillogramm von nur einer tausendstel Sekunde bis zu mehr als 5 Tagen. Durch diesen weiten Bereich sind sowohl Messungen im gesamten Tonfrequenzbereich als auch langsame Regelvorgänge, wie bei Heizungsanlagen etc. erfassbar.

Bei jeder Aufzeichnung werden 251 Meßwerte erfaßt. Diese Zahl ist die größte, die mit einem 8-Bit-D/A-Wandler so darstellbar ist, daß sich 10 Kästchen über die Bildschirmbreite ergeben. Daraus ergibt sich, daß pro Kästchen 25 Abtastwerte dargestellt werden.

Wählen Sie z.B. eine Zeitbasiseinstellung von 100 $\mu\text{s}/\text{div}$, so wird alle 4 μs ein neuer Meßwert aufgezeichnet. Diese Zeit ergibt sich, wenn die Zeit pro Einheit (div) durch 25 geteilt wird. In dieser Einstellung ergibt sich eine Aufzeichnungszeit von 1004 μs . (251 mal 4 μs) (Siehe untenstehende Tabelle)

Damit Sie bei langsamen Aufzeichnungen verfolgen können, wie sich der Signalverlauf entwickelt, wird die Anzeige alle 200 ms auf den aktuellen Meßwert gesetzt. Erst wenn die gewählte Zeit pro Abtastung verstrichen ist, wird der Kathodenstrahl auf den nächsten Abtastwert geführt.

Während eine Aufzeichnung läuft, können Sie die Zeitbasiseinstellung verändern. Die Aufzeichnung wird dann mit der neu gewählten Zeitbasis weitergeführt.

Die Zeitbasis wird mit den beiden Tasten "Timebase +" und "Timebase -" eingestellt. Drücken der Taste "Timebase +" erhöht die Zeit/Einheit. Der aktuelle Einstellwert wird oben links im Oszillogramm eingeblendet.

Als Bedienungsvereinfachung können Sie auch beide Tasten gleichzeitig betätigen. Die Zeitbasis stellt sich dann auf ihren Initialwert von 2 ms/div ein.

Es sind folgende Zeitbasiswerte einstellbar:

Zeit/div	Zeit/ Abtastung	Aufzeich- nungszeit	Zeit/div	Zeit/ Abtastung	Aufzeich- nungszeit
100 μs	4 μs	1004 μs	10 s	400 ms	100,4 s
200 μs	8 μs	2008 μs	20 s	800 ms	200,8 s
500 μs	20 μs	5020 μs	50 s	2 s	502,0 s
1 ms	40 μs	10,04 ms	100 s	4 s	1004 s
2 ms	80 μs	20,08 ms	200 s	8 s	2008 s
5 ms	200 μs	50,20 ms	500 s	20 s	5020 s
10 ms	400 μs	100,4 ms	1000 s	40 s	10,04 ks
20 ms	800 μs	200,8 ms	2000 s	80 s	20,08 ks
50 ms	2 ms	502,0 ms	5000 s	200 s	50,20 ks
100 ms	4 ms	1004 ms	10000 s	400 s	100,4 ks
200 ms	8 ms	2008 ms	20000 s	800 s	200,8 ks
500 ms	20 ms	5020 ms	50000 s	2000 s	502,0 ks
1 s	40 ms	10,04 s			
2 s	80 ms	20,08 s			
5 s	200 ms	50,20 s			

Der Y-Eingang hat einen festen Eingangswiderstand von 1 M Ω bei 40 pF. Die maximal zulässige Eingangsspannung beträgt \pm 250 Volt. Sein linearer Arbeitsbereich reicht von -35 Volt bis +30 Volt. Größere Spannungen, werden vom Eingangsnetzwerk vor dem Eingangsmultiplexer auf diese Werte begrenzt. (Siehe auch Bereichsüberschreitung)

Schalter AC/DC

Mit diesem Schalter kann das Eingangssignal wahlweise mit Gleichspannungsanteil (DC) oder ohne (AC) an den Meßverstärker gelangen.

Tasten V/Div.

Mit diesen beiden Tasten kann eine der 7 Eingangsempfindlichkeiten gewählt werden. Beim gleichzeitigen Drücken beider Tasten ergibt sich eine Eingangsempfindlichkeit von 2 V/div bei einem 1:10 Tastkopf. (Siehe auch Taste Probe)

Tasten Position

Mit diesen beiden Tasten können Sie das Oszillogramm vor der Aufzeichnung nach oben bzw. nach unten verschieben. Der Einstellbereich beträgt \pm 8 Kästchen. Beim gleichzeitigen Drücken beider Tasten wird eine Lageverschiebung von Null eingestellt. Das entspricht dem Wert beim Einschalten des Speichervorsatzes.

Taste Probe

Diese Taste beeinflusst weder das Oszillogramm noch die Eingangsempfindlichkeit. Mit dieser Taste können Sie dem Speichervorsatz mitteilen, welches Teilverhältnis Ihr Tastkopf besitzt. Bei allen Messungen wird dieses Teilverhältnis in das Ergebnis mit eingerechnet. Auch die Empfindlichkeitsanzeige, die angibt, welche Spannung pro Einheit gemessen wird, wird umgerechnet. Der Initialwert ist 1:10.

Bereichsüberschreitungen

Wird der Eingangsbereich des A/D-Wandlers überschritten, so stellt sich an seinem Ausgang der Digitalwert "0" bzw. "255" ein. Bei Erreichen dieser Werte wird der Ausgangswert des A/D-Wandlers begrenzt. Da der Speichervorsatz nicht weiß, wie groß der Meßwert wirklich ist, werden sich bei Messungen an solchen Übersteuerungsstellen Fehler ergeben.

Wird eine Messung durchgeführt und findet irgendwo im Oszillogramm eine solche Begrenzung statt, so blinkt die Spannungsbereichsanzeige oben links. Außerhalb der Übersteuerungsbereiche sind die Messungen jedoch in Ordnung. Wird keine Messung durchgeführt, so blinkt im Übersteuerungsfall die Spannungsbereichsanzeige nicht auf.

Im höchsten Meßbereich mit 5 Volt/div tritt unter bestimmten Umständen eine Begrenzung auf. Diese zeigt sich jedoch nicht als Begrenzung im Oszillogramm auf dem Bildschirm. Sie ist dadurch bedingt, daß die maximale meßbare Eingangsspannung des Y-Verstärkers + 30 Volt und -35 Volt beträgt. Ohne Y-Lageverschiebung (Y-Position) ist der sichtbare Meßbereich \pm 20 Volt. Bei einer Lageverschiebung um 8 Kästchen nach unten ist der sichtbare Meßbereich jedoch + 20 Volt bis + 60 Volt. Es wird aber nur bis zu einer Eingangsspannung von + 30 Volt richtig gemessen, da dann der Eingangsmultiplexer in die Begrenzung geht.

Mit vier Tasten lassen sich die beiden Cursorlinien von rechts nach links über den Bildschirm bewegen. Jeder der beiden Cursorlinien besitzt je eine Taste zum nach rechts oder links schieben. Werden beide Tasten gleichzeitig gedrückt, so wird der Cursor an seine Einschaltposition zurückgesetzt. Die Cursorlinien können nicht über den Bildrand hinaus bewegt werden. Wird dies versucht, so bleiben sie an dem jeweiligen Rand stehen.

Die Cursorlinien werden automatisch sichtbar, wenn eine Messung angestartet wird. Sie können aber auch durch die Funktion "Cursor" im Untermenü "Display" eingeschaltet werden. (Siehe auch Kapitel "DISPLAY Anzeigeumschaltung")

Die Initialposition von Cursor 1 ist 50, d.h. er steht auf der dritten Gitterlinie von links.

Die Initialposition von Cursor 2 ist 200, d.h. er steht auf der dritten Gitterlinie von rechts.

Je länger eine Messung dauert, desto langsamer lassen sich die Cursorlinien bewegen. Dies wird bei den Effektivwert- und Leistungsmessungen bemerkbar. (Siehe auch Kapitel "VOLTAGE Spannungsmessungen")

Erzeugung des Schirmbildes

=====

Das Oszilloskop wird vom Speichervorsatz als Vektordisplay benutzt. Das Oszillogramm wird aus einzelnen Bildpunkten aufgebaut. Der Kathodenstrahl bleibt eine Weile auf jedem Bildpunkt stehen, wodurch er sichtbar wird. Von dort aus bewegt er sich sehr schnell zum nächsten Bildpunkt. Die Verweildauer zwischen den Punkten ist zu kurz, um den Strahl mit nennenswerter Helligkeit leuchten zu lassen. Dadurch erscheinen praktisch einzelne Bildpunkte ohne sichtbare Verbindungslinien.

Durch unterschiedlich lange Verweildauer auf den einzelnen Bildpunkten wird eine unterschiedliche Helligkeit erreicht. So ist z.B. das Oszillogramm, um es besser erkennen zu können, deutlich heller als das Meßgitter.

Diese Vektordarstellung vermeidet die Notwendigkeit einer Strahldunkeltastung mit einem Z-Eingang, den nicht alle Oszilloskope besitzen.

Da jedoch während der Meßwertberechnungen auch Zeiten entstehen, in denen kein Bild dargestellt wird, muß eine "Parkposition" eingeführt werden, in der sich der Strahl aufhalten kann, ohne sichtbar zu werden. Diese befindet sich in einer einzelnen horizontalen Linie weit oberhalb des Oszillogramms.

Das Schirmbild besteht aus drei verschiedenen Bereichen:


- 1.) Oszillogramm
- 2.) Schriftfeld
- 3.) Parkzone

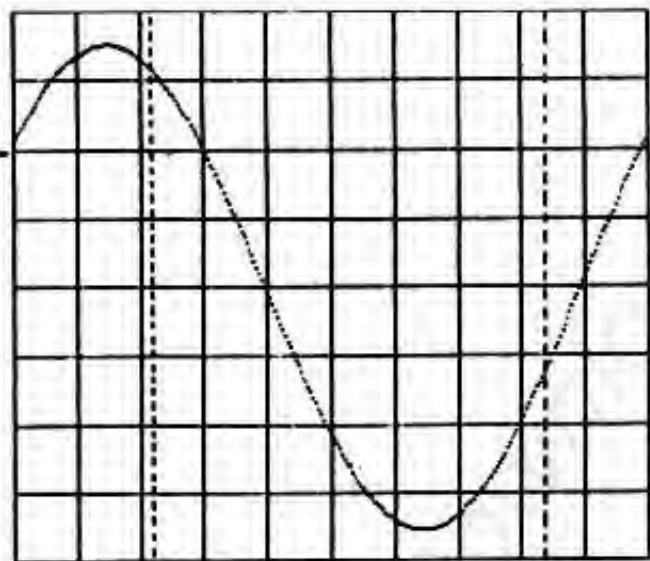
Ganz oben außerhalb des sichtbaren Bereiches befindet sich die sogenannte "Parkzone". In ihr hält sich der Kathodenstrahl in den Darstellungspausen auf. Diese Parkzone ist eine horizontale Linie.

Weit unterhalb dieser Parkzone befindet sich das Schriftfeld, in das alle Einstellungen des Speichervorsatzes eingeblendet werden. Hier werden auch die Meßwerte dargestellt.

Die gesamte untere Bildhälfte wird von Oszillogramm eingenommen. Hier befindet sich auch das Meßgitter, die Cursorlinien und die Anzeige für die Triggerschwelle.

Dazu ein Beispiel:

200 mV	NORM	Voltage
500 us	INT AC	C1
1:1 DC		. +625.0 mV



Dieses Beispieloszillogramm zeigt im oberen Bereich das Schriftfeld:

Linke Spalte:
Eingangsempfindlichkeit: 200 mV/div
Zeitbasis: 500 us/div
Tastkopfteilverhältnis: 1:1
Y-Eingangskopplung: DC

Mittlere Spalte:
Triggerart: NORM
Triggerquelle: INT
Triggerkopplung: AC
Triggerflanke: - positiv

Rechte Spalte:
Meßart: Voltage
Meßposition: Cursor 1
Meßwert: +625.0 mV

Beispieloszillogramm

Der kleine Punkt vor der Spannungsanzeige zeigt an, daß gerade getriggert wurde und eine Aufzeichnung abläuft. Durch diesen Triggerpunkt kann man bei Oszillogrammen, bei denen sich von Aufzeichnung zu Aufzeichnung nichts ändert, erkennen, daß gerade eine Aufzeichnung abläuft.

Der Kurvenzug stellt eine Sinusfunktion dar. Der Cursor 1 steht an Position 55 und mißt eine Spannung von +625,0 mV. Cursor 2 steht rechts im Bild und hat bei dieser Messung keine Bedeutung.

Links vom Oszillogramm ist der Triggerpegel erkennbar. Er befindet sich zwei Kästchen oberhalb der Mittellinie. Bei internem Trigger in der Triggerart NORM bezieht er sich auf die Signalspannung. Er liegt also bei + 400 mV.

Die vielfältigen Triggerarten des DIGI-SCOPE-CONVERTER 500 werden durch nachstehend aufgeführte Tasten und Schalter im Feld "TRIGGER" ausgewählt:

- Mode** Mit dieser Taste werden die 4 Triggerarten AUTO, NORM, MAN und SINGLE angewählt. Diese Triggerarten sind in folgenden Kapiteln beschrieben. Auf dem Bildschirm wird die gerade gewählte Triggerart oben in der Mitte durch den Text "AUTO", "NORM", "MAN" oder "SINGLE" angezeigt.
- Up** Der intern erzeugte Triggerpegel wird erhöht. Links neben dem Oszillogramm wird der jeweils aktuelle Wert als kleine Linie eingeblendet. Bei interner Triggerung paßt sich dieser Triggerpegel dem jeweiligen Signal an.
Bei externer Triggerung ist ein Triggerpegel zwischen - 2 Volt (ganz unten) und + 2 Volt (ganz oben) einstellbar.
- Down** Der intern erzeugte Triggerpegel wird verkleinert. Links neben dem Oszillogramm wird der jeweils aktuelle Wert als Linie eingeblendet. Bei interner Triggerung paßt sich dieser Triggerpegel dem jeweiligen Signal an.
Bei externer Triggerung ist ein Triggerpegel zwischen - 2 Volt (ganz unten) und + 2 Volt (ganz oben) einstellbar.
- AC/DC** Bei externem Triggerereignis wird mit diesem Schiebeschalter das externe Triggersignal wahlweise mit Gleichspannungsanteil (DC) oder nur mit Wechselspannungsanteil (AC) angekoppelt. Die Art der Ankopplung wird oben in der Mitte des Oszillogramms angezeigt.
- M/R** Diese Taste hat je nach Triggerart eine unterschiedliche Bedeutung.
In den Triggerarten AUTO und NORM wird nach dem Drücken dieser Taste die gerade ablaufende Aufzeichnung noch zu Ende geführt. Anschließend wird eine Neutriggerung verhindert. So bekommen Sie ein stehendes Oszillogramm in diesen Betriebsarten. Bei nochmaliger Betätigung wird der Meßwertspeicher mit einer Nulllinie überschrieben, die Triggerung wird erneut freigegeben und der Speichervorsatz wartet auf ein neues Triggerereignis.
In der Triggerart MAN wird bei jedem Drücken dieser Taste eine Nulllinie in den Meßwertspeicher geschrieben. Gleichzeitig startet eine neue Aufzeichnung.
In der Triggerart SINGLE wird beim Drücken dieser Taste eine Nulllinie in den Meßwertspeicher geschrieben. Anschließend wird die Triggerung freigegeben und der Speichervorsatz wartet auf ein Triggerereignis.
- +/-** Diese Taste erlaubt die Wahl der positiven (+) bzw. der negativen (-) Triggerflanke als Triggerereignis. Die Triggerflanke wird als Symbol im Schirmbild dargestellt.
- Ext.** Diese Taste schaltet zwischen dem internen (INT) und externen (EXT) Triggerereignis um. INT bzw. EXT wird im Schirmbild dargestellt.
Bei internem Trigger wird der Triggerzeitpunkt aus dem zu messenden Signal am Y-Eingang gewonnen.
Bei externem Trigger wird der Triggerzeitpunkt aus dem am Triggereingang angelegten Signal gewonnen.

AUTO Automatisches Triggern

=====

Das automatische Triggern vereinfacht die Messung von vorher unbekannten Signalverläufen.

Ein analoges Mittelwertfilter (Tiefpaß mit einer Eckfrequenz von ca. 1 Hz) bildet aus dem Mittelwert des Meßsignals die Triggerschwelle. Dieser Mittelwert stellt für viele Signale eine optimale Triggerschwelle dar.

Ergibt sich kein Triggerereignis, weil z.B. eine Gleichspannung gemessen wird, so wird automatisch vom Speichervorsatz eine Softwaretriggerung vorgenommen, um dennoch das Eingangssignal betrachten zu können.

Vom Triggerzeitpunkt an bis zum Aufzeichnungsende erscheint ein kleiner Triggerpunkt links von der Meßwertanzeige.

Diese Triggerart hat jedoch auch ihre Grenzen:

- Signale, die im Bereich ihres Mittelwertes viele Wechsel enthalten, triggern laufend auf unterschiedlich Signalflanken. Das führt zu einem unruhigen Oszillogramm.
- Bei Signalen mit einer Frequenz kleiner ca. 5 Hz funktioniert die Mittelwertbildung nicht mehr. Der Ausgang des Tiefpaßfilters folgt dann nur noch dem Eingangssignal. Dadurch ergeben sich keine eindeutigen Triggerereignisse mehr.

Taste M/R

Bei dieser Triggerart ist eine Neutriggerung ständig erlaubt. Wenn Sie z.B. eine Messung an einem gerade aufgezeichneten Signal vornehmen wollen, kann sich dies als störend erweisen, weil sich die Signalpegel mit jeder Triggerung ändern können.

Mit der Taste M/R können Sie eine Neutriggerung verbieten. Die gerade laufende Aufzeichnung wird noch abgeschlossen. Es erscheint das Symbol "HALT" auf dem Bildschirm. Jetzt können Sie in Ruhe das aufgezeichnete Signal vermessen. Ein weiterer Druck auf die Taste M/R löscht den Meßwertspeicher und gibt die Triggerung wieder frei.

Taste +/-

Mit dieser Taste können sie wählen, ob sie auf die positive oder auf die negative Signalflanke triggern wollen.

Taste Ext.

Kann auf das Meßsignal vom Y-Eingang nicht, oder nur sehr schlecht getriggert werden, so können Sie mit dieser Taste auf ein am Triggereingang eingespeistes externes Triggersignal zurückgreifen. Auch von diesem Signal wird der Mittelwert gebildet.

Der externe Triggereingang reagiert bereits auf Eingangssignale mit ca. 200 mVss Amplitude. Sein linearer Eingangsbereich beträgt +/- 2 Volt.

(Bei einem Tastkopfteilverhältnis von 1:1)

Nochmaliges Drücken dieser Taste führt in den internen Triggermode zurück.

Tasten Up und Down

Diese beiden Tasten haben bei der Triggerart AUTO keine Bedeutung, da der Triggerpegel aus dem Eingangssignal hergeleitet wird.

Schalter AC/DC

Mit diesem Schalter können Sie wählen, ob das externe Triggersignal mit (DC) oder ohne (AC) Gleichspannungsanteil verwendet wird.

NORM Norm Trigger

Diese Triggerart wird verwendet, um sich eine beliebige Stelle im Eingangssignal aussuchen zu können, auf die getriggert wird.

Sie können so z.B. auf Spitzen im Signal oder auf selten wiederkehrende Ereignisse triggern.

Ein wählbarer Triggerpegel wird mit dem Eingangssignal verglichen. Bei Gleichheit und wenn die gewünschte Signalflanke da ist, wird die Triggerung ausgelöst.

Vom Triggerzeitpunkt an bis zum Aufzeichnungsende erscheint ein kleiner Triggerpunkt links von der Meßwertanzeige.

Im Gegensatz zum AUTO-Trigger wird hier bei fehlendem Triggerereignis keine Softwaretriggerung vorgenommen. Es erfolgt erst bei einem Triggerereignis eine Triggerung. Dadurch ist diese Triggerart in allen Zeitbereichen nutzbar.

Taste M/R

Bei dieser Triggerart ist eine Neutriggerung ständig erlaubt. Wenn Sie z.B. eine Messung an einem gerade aufgezeichneten Signal vornehmen wollen, kann sich dies als störend erweisen, weil sich die Signalpegel mit jeder Triggerung ändern können.

Mit der Taste M/R können Sie eine Neutriggerung verbieten. Die gerade laufende Aufzeichnung wird noch abgeschlossen. Es erscheint das Symbol "HALT" auf dem Bildschirm. Jetzt können Sie in Ruhe das aufgezeichnete Signal vermessen. Ein weiterer Druck auf die Taste M/R löscht den Meßwertspeicher und gibt die Triggerung wieder frei.

Taste +/-

Mit dieser Taste können sie wählen, ob sie auf die positive oder auf die negative Signalflanke triggern wollen.

Taste Ext.

Kann auf das Meßsignal vom Y-Eingang nicht, oder nur sehr schlecht getriggert werden, so können Sie mit dieser Taste auf ein am Triggereingang eingespeistes externes Triggersignal zurückgreifen. Auch dieses Signal wird mit dem einstellbaren Triggerpegel verglichen.

Der links im Bild sichtbare Triggerpegel ist zwischen + 2 Volt und - 2 Volt einstellbar. Befindet sich die Triggermarke ganz oben, so ist der Triggerpegel + 2 Volt, in der Mitte liegt er bei 0 Volt, unten bei - 2 Volt.

Eingangssignale ab ca. 200 mVss eignen sich als externes Triggersignal.

(Bei einem Tastkopfteilverhältnis von 1:1)

Erneutes Drücken dieser Taste führt in den internen Triggermode zurück.

Tasten Up und Down

Mit diesen beiden Tasten können Sie den Triggerpegel einstellen.

Bei externem Trigger ist der Einstellbereich +/- 2 Volt.

Bei internem Trigger ist der Einstellbereich +/- 4 Kästchen. Die links neben dem Oszillogramm sichtbare Triggermarke zeigt den augenblicklichen Triggerpegel bezogen auf das Eingangssignal.

Schalter AC/DC

Mit diesem Schalter können Sie wählen, ob das externe Triggersignal mit (DC) oder ohne (AC) Gleichspannungsanteil verwendet wird.

MAN Manuelles Triggern

=====

Bei einmaligen Vorgängen bzw. bei Meßsignalen ohne Triggerereignis können Sie in dieser Betriebsart den Triggerzeitpunkt selbst von Hand bestimmen. Besonders bei langsamen Signalverläufen können Sie so z.B. lange nach dem Triggerereignis von Hand eine Triggierung auslösen.

Sobald sie die Taste M/R drücken, wird der Meßwertspeicher gelöscht und eine neue Aufzeichnung beginnt. Von diesem Zeitpunkt an bis zum Aufzeichnungsende erscheint ein kleiner Triggerpunkt links von der Meßwertanzeige.

Bei schnellen Vorgängen, können Sie in dieser Betriebsart asynchron zum Signalverlauf eine Triggierung herbeiführen.

Wenn Sie z.B. die Entladekurve eines Akkus messen wollen, so können Sie die Messung zu einem von Ihnen wählbaren Zeitpunkt beginnen.

Gerade bei sehr langsamen Vorgängen, wie z.B. eine Heizungsregelung, können Sie so zu einem beliebigen Zeitpunkt mit der Messung beginnen.

Taste M/R

Bei dieser Triggerart ist ein automatisches Triggern auf ein internes oder externes Triggerereignis nicht erlaubt.

Sobald Sie diese Taste betätigen, wird der Meßwertspeicher mit einer Nulllinie überschrieben. Gleichzeitig beginnt eine neue Aufzeichnung des Meßsignals.

Taste +/-

Diese Taste hat in dieser Betriebsart keine Bedeutung.

Taste Ext.

Diese Taste hat in dieser Betriebsart keine Bedeutung.

Tasten Up und Down

Diese Tasten haben in dieser Betriebsart keine Bedeutung.

Schalter AC/DC

Dieser Schalter hat in dieser Betriebsart keine Bedeutung.

SINGLE Einzel Trigger

=====

Diese Triggerart wird verwendet, um einmalige Vorgänge zu messen. Dadurch, daß nur genau einmal getriggert wird, wird ein einmal aufgezeichnetes Oszillogramm nicht mehr überschrieben.

Diese Triggerart eignet sich besonders, um einmalige Vorgänge in einem ansonsten periodisch wiederkehrenden Signal erfassen zu können. Sie können so z.B. auf Spitzen im Signal oder auf selten wiederkehrende Ereignisse triggern.

Wie beim NORM-Trigger wird ein wählbarer Triggerpegel mit dem Eingangssignal verglichen. Bei Gleichheit und wenn die gewünschte Signalfanke da ist, wird die Triggerung ausgelöst.

Vom Triggerzeitpunkt an bis zum Aufzeichnungsende erscheint ein kleiner Triggerpunkt links von der Meßwertanzeige.

Taste M/R

Bei dieser Triggerart ist ein automatisches Triggern auf ein internes oder externes Triggerereignis nicht erlaubt.

Sobald Sie diese Taste betätigen, wird der Meßwertspeicher mit einer Nulllinie überschrieben. Gleichzeitig wird die Triggerung freigegeben. Der Speichervorsatz wartet auf ein Triggersignal.

Taste +/-

Mit dieser Taste können sie wählen, ob sie auf die positive oder auf die negative Signalfanke triggern wollen.

Taste Ext.

Kann auf das Meßsignal vom Y-Eingang nicht, oder nur sehr schlecht getriggert werden, so können Sie mit dieser Taste auf ein am Triggereingang eingespeistes externes Triggersignal zurückgreifen. Auch dieses Signal wird mit dem einstellbaren Triggerpegel verglichen.

Der links im Bild sichtbare Triggerpegel ist zwischen + 2 Volt und - 2 Volt einstellbar. Befindet sich die Triggermarke ganz oben, so ist der Triggerpegel + 2 Volt, in der Mitte liegt er bei 0 Volt, unten bei - 2 Volt.

Eingangssignale ab ca. 200 mVss eignen sich als externes Triggersignal.

Erneutes Drücken der Taste "Ext." führt Sie in den internen Triggermode zurück.

Tasten Up und Down

Mit diesen beiden Tasten können Sie den Triggerpegel einstellen.

Bei externem Trigger ist der Einstellbereich +/- 2 Volt.

Bei internem Trigger ist der Einstellbereich +/- 4 Kästchen. Die links neben dem Oszillogramm sichtbare Triggermarke zeigt den augenblicklichen Triggerpegel bezogen auf das Eingangssignal.

Schalter AC/DC

Mit diesem Schalter können Sie wählen, ob das externe Triggersignal mit (DC) oder ohne (AC) Gleichspannungsanteil verwendet wird.

Die Sonderfunktionen werden über die drei Tasten "Funktion", "Mode" und "Enter" im Feld "CONTROL" ausgewählt.
Oben rechts im Schirmbild wird in zwei Zeilen laufend die gerade ausgewählte Funktion dargestellt. Die Bedienung ist als Menü aufgebaut:

Die Taste "Funktion" führt durch das Hauptmenü, in dem Sie die verschiedenen Meßarten auswählen können. In der ersten Zeile oben rechts im Schirmbild sehen Sie eines der mit dieser Taste wählbaren Untermenüs:

- | | |
|---------------|---|
| 1.) Display | Anzeigefunktionen wie Gitter, Triggerpegel und Cursor |
| 2.) Voltage | Spannungsmessungen, Effektivwertmessungen |
| 3.) Time | Zeitmessungen |
| 4.) Frequency | Frequenzmessungen |
| 5.) Power | Leistungsmessungen an 4, 8, 16 oder 600 Ohm |
| 6.) Reference | Speichern und Anzeigen vom Referenzoszillogramm |
| 7.) Print | Druckfunktionen mit Grafik, Pseudografik und Tabellen |
| 8.) Test | Test von A/D-Wandler, Drucker und Tasten |

Die Taste "Mode" dient zur Endauswahl der Meßart. In der zweiten Zeile oben rechts sehen Sie die gewählte Meßart.

Wurde z.B. mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Voltage", also Spannungsmessungen gewählt, so können Sie mit der Taste "Mode" zwischen folgenden Spannungsmessungen aussuchen:

- | | |
|------------|---|
| 1.) C1 | Messung der Spannung an Cursor 1 |
| 2.) C2 | Messung der Spannung an Cursor 2 |
| 3.) C1-C2 | Messung der Spannungsdifferenz zwischen Cursor 1 und Cursor 2 |
| 4.) C1-C2 | Messung des Betrags der Spannungsdifferenz |
| 5.) RMS | Messung des Effektivwertes |
| 6.) RMS A | Messung des Effektivwertes, automatische Cursorpositionierung |
| 7.) OFF | Abschalten der Spannungsmessungen |

Die Taste "Enter" letztlich startet die mit "Funktion" und "Mode" ausgewählte Messung an. Sobald Sie diese Taste drücken, wechselt in der dritten Zeile oben rechts die Anzeige auf den Meßwert.

Ein Beispiel hierzu:

Sie wollen die Scheitelspannung einer Sinusspannung messen.

Legen Sie die zu messende Sinusspannung am Y-Eingang an und stellen Sie den Speichervorsatz so ein, daß Sie den Sinus gut erkennen können.

Wählen Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Voltage".

Wählen Sie mit der Taste "Mode" die Meßart "C1".

Drücken Sie die Taste "Enter".

Jetzt wird die Spannung an der Stelle gemessen, an der der Cursor 1 dargestellt wird. Bewegen Sie den Cursor 1 auf den Scheitel des Sinussignals. Jetzt können Sie oben rechts in der dritten Zeile die gewünschte Spannung ablesen.

Obersicht über die Sonderfunktionen

=====

In nachstehender Tabelle sind alle Sonderfunktionen in Kurzform aufgeführt:

DISPLAY	Untermenü Anzeigefunktionen
Grid	Meßgitter ein- bzw. ausschalten
TG Lev	Triggerpegelanzeige ein- bzw. ausschalten
Cursor	Cursorlinien ein- bzw. ausschalten
VOLTAGE	Untermenü Spannungsmessungen
C1	Spannungsmessung an Cursor 1
C2	Spannungsmessung an Cursor 2
C1-C2	Spannungsdifferenzmessung
!C1-C2!	Betrag der Spannungsdifferenz messen
RMS	Effektivwertmessung (True RMS)
RMS A	Effektivwertmessung mit automatischer Cursorpositionierung
OFF	Ausschalten der Spannungsmessungen
TIME	Untermenü Zeitmessungen
C1-C2	Zeit zwischen Cursor 1 und Cursor 2 messen
C1-C2 A	Zeitmessung mit automatischer Cursorpositionierung
OFF	Ausschalten der Zeitmessung
FREQ	Untermenü Frequenzmessungen
C1-C2	Frequenz zwischen Cursor 1 und Cursor 2 messen
C1-C2 A	Frequenzmessung mit automatischer Cursorpositionierung
OFF	Ausschalten der Frequenzmessung
POWER	Untermenü Leistungsmessung
4 Ohm	Leistungsmessung an 4 Ohm
4 Ohm A	Leistungsmessung an 4 Ohm, autom. Cursorpositionierung
8 Ohm	Leistungsmessung an 8 Ohm
8 Ohm A	Leistungsmessung an 8 Ohm, autom. Cursorpositionierung
16 Ohm	Leistungsmessung an 16 Ohm
16 Ohm A	Leistungsmessung an 16 Ohm, autom. Cursorpositionierung
600 Ohm	Leistungsmessung an 600 Ohm
600 Ohm A	Leistungsmessung an 600 Ohm, autom. Cursorpositionierung
OFF	Ausschalten der Leistungsmessung
REFERENCE	Untermenü Referenzoszillogramm
Store	Abspeichern eines Referenzoszillogramms
Alt	Alternierende Darstellung
Diff	Differenzdarstellung
OFF	Ausschalten der Referenzoszillogramm-Darstellung
PRINT	Untermenü Druckroutinen
FX80 GL	Grafikausdruck FX80 mit Meßgitter und Verbindungslinien
FX80 G	Grafikausdruck FX80 mit Meßgitter
FX80 L	Grafikausdruck FX80 mit Verbindungslinien
FX80	Grafikausdruck FX80 nur als Oszillogramm
ASCII G	Pseudografikdruck mit Meßgitter
ASCII	Pseudografikdruck nur als Oszillogramm
ASCII T	Ausdruck des Oszillogramms als Tabelle
TEST	Untermenü Testroutinen
A/D	Test des A/D-Wandlers
D/A	Test des D/A-Wandlers
Keys	Test aller Tasten und Schalter
FX80	Testausdruck für FX80
ASCII	Testausdruck für ASCII-Drucker

DISPLAY Anzeigeumschaltung
=====

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Display" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" die Anzeigefunktionen umschalten:

1.) Grid

Ein- bzw. Ausschalten des Meßgitters

Das Meßgitter dient zum Abschätzen der Spannungs- und Zeitwerte innerhalb des Oszillogramms.

Die beiden Anzeigen oben links für Spannung und Zeit beziehen sich auf die Gitterkoordinaten.

So heißt z.B. 2V in der ersten Zeile oben links, daß die Spannung zwischen zwei horizontalen Gitterlinien 2 Volt beträgt. Ist Ihr Signal z.B. 3 Kästchen hoch, so ist die Spannung zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert 6 Volt. (3 mal 2 Volt)

Steht in der zweiten Zeile oben links z.B. 2ms, so bedeutet dies, daß die Zeit zwischen zwei vertikalen Linien 2 Millisekunden beträgt. Ist die Periodenlänge Ihres Signals z.B. 4 Kästchen, so hat es eine Periodendauer von 8 Millisekunden bzw. eine Frequenz von 125 Hz.

Der Gitterabstand in horizontaler Richtung entspricht 25 Abtastwerten.
Der Gitterabstand in vertikaler Richtung entspricht 32 Digit.

2.) TG Lev

Ein- bzw. Ausschalten der Anzeige des Triggerpegels

Links neben dem Oszillogramm erscheint eine kleine horizontale Linie, die in den Triggerarten "NORM" bzw. "SINGLE" die Lage des Triggerpegels anzeigt.

3.) Cursor

Ein- bzw. Ausschalten der Cursorlinien

Wenn Sie bei einer Messung die Cursorlinien stören, können Sie sie mit dieser Funktion ausschalten. Beim Starten einer beliebigen Meßfunktion werden beide Cursorlinien automatisch wieder eingeschaltet.

VOLTAGE Spannungsmessungen

=====

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Voltage" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" eine der Spannungsmessungen aktivieren.

1.) C1

2.) C2

Messung der Spannung an Cursor 1 bzw. Cursor 2

Wenn Sie diese Spannungsmessung aktivieren, so erscheint rechts oben in der dritten Zeile die Anzeige der Spannung am Cursor 1 bzw. Cursor 2. Den Cursor können Sie mit den Pfeiltasten im Feld "CURSOR" nach rechts und links bewegen.

3.) C1-C2

Messung der Spannungsdifferenz zwischen Cursor 1 und Cursor 2

Der Speichervorsatz mißt die Spannung an beiden Cursorlinien. Der Spannungswert an Cursor 2 wird von dem Spannungswert an Cursor 1 subtrahiert. Die Differenz wird oben rechts in der dritten Zeile vorzeichenrichtig angezeigt.

4.) |C1-C2|

Messung des Betrags der Spannungsdifferenz zwischen Cursor 1 und Cursor 2

Der Speichervorsatz mißt die Spannung an beiden Cursorlinien. Der Spannungswert an Cursor 2 wird von dem Spannungswert an Cursor 1 subtrahiert. Der Betrag der Differenz wird oben rechts in der dritten Zeile angezeigt.

5.) RMS

Messung des Effektivwertes

Die Messung des Effektivwertes erfolgt nicht, wie oft üblich, durch Mittelwertbildung und Bewertung mit einem Formfaktor. Es wird eine echte, von der Kurvenform unabhängige Ermittlung des Effektivwertes vorgenommen:

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n U(i)^2}$$

In dieser Gleichung bedeuten:

U_{eff} : Effektivwert

$U(i)$: Spannung am i-ten Meßwert

n : Anzahl der Meßwerte

Damit sich bei periodischen Signalen der richtige Effektivwert ergibt, muß genau eine Periode des Signals ausgewertet werden.

6.) RMS A

Messung des Effektivwertes mit automatischer Cursorpositionierung

Diese Messung ist wie die vorgenannte. Sie müssen jedoch bei bestimmten Signalformen nicht mehr die Positionierung der Cursorlinien von Hand vornehmen.

Setzen Sie Cursor 1 möglichst auf eine Flanke des zu messenden Signals. Der Speichervorsatz versucht nun, mindestens 25 Abtastwerte weiter rechts, eine Stelle im Signal zu finden, die den gleichen Pegel und die gleiche Steigung besitzt. In der Regel wird eine Stelle gefunden, die vom Cursor 1 genau eine ganze Periode entfernt ist. Dieser Suchalgorithmus funktioniert nicht bei Rechtecksignalen.

7.) OFF

Abschalten der Spannungsmessungen

Durch Aufrufen dieser Funktion schalten Sie alle Messungen ab.

TIME Zeitmessungen =====

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Time" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" eine der beiden Zeitmessungen aktivieren.

1.) C2-C1

Zeitmessung zwischen Cursor 1 und Cursor 2

Die Zeit zwischen den beiden Cursorlinien wird gemessen. Wenn Sie bei einem periodischen Signal den Abstand der Cursorlinien so wählen, daß er genau einer Signalperiode entspricht, so wird Ihnen oben rechts in der dritten Zeile die Periodendauer des Signals angezeigt.

2.) C2-C1 A

Zeitmessung mit automatischer Cursorbewegung

Die Zeit zwischen den beiden Cursorlinien wird gemessen. Oft ist es störend, beide Cursorlinien von Hand zu bewegen.

Setzen Sie Cursor 1 möglichst auf eine Flanke des zu messenden Signals. Der Speichervorsatz versucht, mindestens 25 Abtastwerte weiter rechts, eine Stelle im Signal zu finden, die den gleichen Pegel und die gleiche Steigung besitzt. In der Regel wird eine Stelle gefunden, die vom Cursor 1 genau eine ganze Periode entfernt ist.

So läßt sich die Periodendauer des Eingangssignals sehr einfach ermitteln.

3.) OFF

Abschalten der Zeitmessung

Durch Aufrufen dieser Funktion schalten Sie alle Messungen ab.

FREQ Frequenzmessungen =====

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Freq" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" eine der beiden Frequenzmessungen aktivieren.

1.) C2-C1

Frequenzmessung zwischen Cursor 1 und Cursor 2

Die Zeit zwischen den beiden Cursorlinien wird gemessen. Wenn Sie bei einem periodischen Signal den Abstand der Cursorlinien so wählen, daß er genau einer Signalperiode entspricht, so wird Ihnen oben rechts in der dritten Zeile die Frequenz des Signals angezeigt.

2.) C2-C1 A

Frequenzmessung mit automatischer Cursorpositionierung

Die Zeit zwischen den beiden Cursorlinien wird gemessen. Oft ist es störend, beide Cursorlinien von Hand zu bewegen.

Setzen Sie Cursor 1 möglichst auf eine Flanke des zu messenden Signals. Der Speichervorsatz versucht, mindestens 25 Abtastwerte weiter rechts, eine Stelle im Signal zu finden, die den gleichen Pegel und die gleiche Steigung besitzt. In der Regel wird eine Stelle gefunden, die vom Cursor 1 genau eine ganze Periode entfernt ist.

So läßt sich die Frequenz des Eingangssignals sehr einfach ermitteln.

3.) OFF

Abschalten der Frequenzmessung

Durch Aufrufen dieser Funktion schalten Sie alle Messungen ab.

POWER Leistungsmessung an 4, 8, 16 bzw. 600 Ohm

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Power" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" eine der Leistungsmessungen aktivieren.

- 1.) 4 Ohm
- 3.) 8 Ohm
- 5.) 16 Ohm
- 7.) 600 Ohm

Leistungsmessung an einem Lastwiderstand von 4, 8, 16 oder 600 Ohm

Die Messung der Leistung erfolgt nicht, wie oft üblich, durch Mittelwertbildung und Bewertung mit einem Formfaktor. Es wird eine echte, von der Kurvenform unabhängige Ermittlung der Leistung vorgenommen:

Die Leistung wird nach folgender Gleichung ermittelt:

$$P = \frac{1}{RL} * \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n U(i)^2}$$

2 In dieser Gleichung bedeuten:
P : Leistung
U(i): Spannung am i-ten Meßwert
n : Anzahl der Meßwerte
RL : Lastwiderstand, z.B. 4 Ohm

bzw.: $P = U_{eff} * U_{eff} / RL$

Bei diesem Verfahren wird zunächst der echte Effektivwert des Signals ermittelt. Aus dieser Spannung wird die Leistung berechnet.

Damit sich bei periodischen Signalen der richtige Effektivwert ergibt, muß genau eine Periode des Signals ausgewertet werden.

Bei den Leistungsmessungen an den Lastwiderständen schließen Sie bitte Ihren Verstärker z.B. mit einem 4 Ohm Lastwiderstand ab. (Ohmscher Widerstand, kein Lautsprecher) Messen Sie jetzt mit dem Speichervorsatz die Spannung an diesem Lastwiderstand. Er wird Ihnen die daraus resultierende Leistung berechnen und anzeigen.

- 2.) 4 Ohm A
- 4.) 8 Ohm A
- 6.) 16 Ohm A
- 8.) 600 Ohm A

Leistungsmessung mit automatischer Cursorpositionierung

Diese Messung ist wie die vorgenannte. Sie müssen jedoch bei bestimmten Signalformen nicht mehr die Positionierung der Cursorlinien von Hand vornehmen.

Setzen Sie Cursor 1 möglichst auf eine Flanke des zu messenden Signals. Der Speichervorsatz versucht nun, mindestens 25 Abtastwerte weiter rechts, eine Stelle im Signal zu finden, die den gleichen Pegel und die gleiche Steigung besitzt. In der Regel wird eine Stelle gefunden, die vom Cursor 1 genau eine ganze Periode entfernt ist.

Durch diese automatische Cursorpositionierung wird die Leistungsmessung stark vereinfacht.

- 9.) OFF

Abschalten der Leistungsmessung

Durch Aufrufen dieser Funktion schalten Sie alle Messungen ab.

REFERENCE Messen mit einem Referenzoszillogramm

=====

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Ref" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" die Darstellung mit Referenzoszillogramm aktivieren.

1.) Store

Abspeichern des Referenzoszillogramms

Durch Drücken der Taste "Enter" speichern Sie das gerade sichtbare Oszillogramm im Referenzspeicher ab. Es steht damit für die Messungen und Darstellungen mit dem Referenzoszillogramm zur Verfügung.

2.) Alt

Alternierende Darstellung von Referenzoszillogramm und normalem Oszillogramm

Wenn Sie diese Darstellungsart wählen, wird immer abwechselnd das Referenzoszillogramm bzw. das normale Oszillogramm dargestellt.

In dieser Betriebsart können Sie auf einen Blick Unterschiede zwischen beiden Oszillogrammen feststellen.

Sie können z.B. die Entladekurven zweier Akkus direkt miteinander vergleichen. Diese Darstellung läßt sich nur durch die "OFF"-Funktion im Referenzmenü abschalten.

Alle Messungen beziehen sich auf das normale Oszillogramm, nicht auf das gespeicherte Referenzoszillogramm.

3.) Diff

Darstellung der Differenz von Referenzoszillogramm und normalem Oszillogramm

In dieser Darstellungsart wird die Differenz zwischen dem Referenzoszillogramm und dem normalen Oszillogramm dargestellt.

In dieser Betriebsart sehen Sie auf einen Blick Unterschiede zwischen beiden Oszillogrammen.

Sie können bei dieser Darstellung jedoch nicht mehr den ursprünglichen Signalaufbau erkennen.

Diese Darstellung läßt sich nur durch die "OFF"-Funktion im Referenzmenü abschalten.

Alle Messungen beziehen sich auf das Differenzoszillogramm.

4.) OFF

Abschalten der Darstellung des Referenzoszillogramms

Nur durch diese Funktion können Sie die Darstellung des Referenzoszillogramms wieder ausschalten.

PRINT Druckfunktionen

=====

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Print" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" eine der Druckfunktionen anstarten. Solange ausgedruckt wird, erscheint auf dem Bildschirm die Meldung "BUSY".

1.) FX80 GL

Grafikdruck auf dem FX80 mit Gitter und Verbindungslinien

In dieser Druckart wird das Oszillogramm auf einem FX80 kompatiblen Drucker als Oszillogramm im Grafikmode ausgedruckt. (Siehe auch FX80 Drucksteuerzeichen).

Alle Punkte des Oszillogramms werden mit Verbindungslinien untereinander verbunden. Dadurch ergibt sich der Eindruck einer durchgezogenen Oszillogrammlinie. Bei großen Punktabständen ist das Oszillogramm wesentlich besser lesbar. Das Maßgitter wird mit ausgedruckt, um Ihnen eine Orientierung im Oszillogramm zu ermöglichen. Sie können so anhand des Ausdrucks Messungen vornehmen.

Diese Ausdrucksform ist sehr gut für Protokollaufgaben geeignet.

2.) FX80 G

Grafikdruck auf dem FX80 mit Gitter

Es erfolgt der gleiche Ausdruck wie in der Druckart "FX80 GL", jedoch werden die Verbindungslinien zwischen den Meßwerten nicht ausgedruckt.

3.) FX80 L

Grafikdruck auf dem FX80 mit Verbindungslinien

Es erfolgt der gleiche Ausdruck wie in der Druckart "FX80 GL", jedoch wird das Maßgitter nicht mit ausgedruckt.

4.) FX80

Grafikdruck auf dem FX80 als reines Oszillogramm

Es erfolgt der gleiche Ausdruck wie in der Druckart "FX80 GL", jedoch wird weder das Maßgitter mit ausgedruckt, noch die Verbindungslinien zwischen den Meßwerten.

5.) ASCII G

Pseudografikdruck auf einem ASCII-Drucker mit Gitter

Diese Druckart ist als Notbehelf für nicht FX80 kompatible Drucker gedacht. Durch die Verwendung des normalen ASCII-Zeichensatzes ist nur ein sehr eingeschränkter Grafikausdruck realisierbar.

Es ergibt sich dennoch eine Amplitudenauflösung von 64 Stufen und eine Zeitauflösung von ebenfalls 64 Stufen.

Als Gitter wird ein Rahmen mit jeweils einer horizontalen und vertikalen Mittellinie ausgedruckt.

.

6.) ASCII

Pseudografikdruck auf einem ASCII-Drucker als reines Oszillogramm

Diese Druckart ist als Notbehelf für nicht FX80 kompatible Drucker gedacht. Durch die Verwendung des normalen ASCII-Zeichensatzes ist nur ein sehr eingeschränkter Grafikausdruck realisierbar.

Es ergibt sich dennoch eine Amplitudenauflösung von 64 Stufen und eine Zeitauflösung von ebenfalls 64 Stufen.

Es wird kein Gitter ausgedruckt.

7.) ASCII T

Druck des Oszillogramms als Wertetabelle auf einem ASCII-Drucker

Diese Druckart ist für genaue Protokollaufgaben vorgesehen. Alle 251 Meßwerte werden als Tabelle ausgedruckt.

In dieser Tabelle steht vor jedem Meßwert eine Nummer von "000" bis "251". Mit dieser Nummer werden die Meßwerte durchnummeriert.

Es sind immer 25 Meßwerte zu einem Block zusammengefaßt. Diese Zahl ergibt sich aus 25 Abtastwerten pro Gitterlinie im Oszillogramm. Suchen Sie z.B. den dritten Abtastwert im 5. Gitter, so finden Sie ihn im 5. Block an dritter Stelle. Der erste Meßwert eines jeden Blocks liegt genau auf einer Gitterlinie.

Druckabbruch

Der Ausdruck kann jederzeit durch Drücken der Taste "Mode" abgebrochen werden. So kann auch ein versehentlich ohne Drucker angestarteter Ausdruck beendet werden.

Kopfzeilen im Ausdruck

In den Kopfzeilen des Ausdrucks finden Sie bei allen 7 Druckarten folgende Werte:

Spalte Y-Input

In dieser Spalte stehen die Einstellwerte, die dem Y-Eingang zugeordnet sind.

In der zweiten Zeile steht die Empfindlichkeit des Y-Eingangs. (z.B. 2 V/div)

In der dritten Zeile steht die Eingangskopplung. (z.B. DC oder AC)

In dieser Zeile steht das Teilverhältnis des Tastkopfes (z.B. 1:10)

Spalte Timebase

In dieser Spalte steht der Einstellwert für die Zeitbasis. (z.B. 200 ms/div)

Spalte Trigger

In der zweiten Zeile steht die Triggerart (z.B. AUTO, NORM, MAN oder SINGLE)

In der dritten Zeile steht INT bzw. EXT für interner bzw. externer Trigger

In dieser Zeile steht die Triggerkopplung (z.B. AC oder DC)

In der vierten Zeile steht die Triggerflanke (z.B. POS oder NEG)

Cursor

Die Ausgabe zu den Cursorlinien erscheint nur, wenn im Oszillogramm die Cursorlinien eingeblendet sind.

Sind die Cursorlinien eingeschaltet, so erscheint rechts oben die Position beider Cursorlinien nebst den dazugehörigen Spannungswerten.

Wenn Messungen durchgeführt werden, erscheint in der 5. Zeile, welche Messung stattfindet. Dahinter steht der dazugehörige Meßwert.

z.B.: Leistung an 4 Ohm: 2,410 W

TEST Testroutinen

=====

Wenn Sie mit der Taste "Funktion" das Untermenü "Test" angewählt haben, können Sie mit der Taste "Mode" eine der Testroutinen anstarten.

1.) A/D

Test und Neuabgleich des A/D-Wandlers

Bei diesem Test baut sich langsam eine schräge nach rechts unten abfallende Linie als Oszillogramm auf. Wenn diese Linie fertig gezeichnet ist, werden in die linken Hälfte drei zusammengehörige Meßwerte mit dem Ergebnis des Offsetabgleichs geschrieben. Diese drei Meßwerte sollten nicht stark voneinander abweichen. Der absolute Wert dieser drei Meßwerte ist ohne Bedeutung. Der A/D-Wandler-Test ist erfolgreich abgelaufen, wenn die schräge Linie die Mittellinie des Meßgitters schneidet. Gibt es keinen Schnittpunkt, so war kein Offsetabgleich möglich und das Gerät ist defekt.

2.) D/A

Test des D/A-Wandlers und Einstellhilfe für Ihr Oszilloskop

Bei diesem Test wird das beim Einschalten bereits sichtbare Testmuster aufgerufen. Damit können Sie die X- und Y-Ablenkung Ihres Oszilloskopes einstellen. Dieser Test ist erfolgreich abgelaufen, wenn sich dieses Testbild zeigt.

3.) Keys

Prüfprogramm für die Tasten

Es erscheint eine Abbildung der Frontplatte des Speichervorsatzes. Sobald Sie eine Taste betätigen, leuchtet an dieser Stelle ein kleiner Punkt auf. Drücken Sie nacheinander alle Tasten. Es muß die jeweilige Stelle im Bild aufleuchten, sonst ist die jeweilige Taste defekt oder klemmt. Die beiden Schiebeschalter AC/DC erscheinen ebenfalls als kleine Punkte. Unterhalb der Frontplattenabbildung erscheint ein Oszillogramm mit dem Schaltverhalten der Taster. Die Tasten sind in dieser Darstellung nicht entprellt. Diesen Test können Sie nur durch Ausschalten des Speichervorsatzes beenden.

4.) FX80

Ausdruck eines Prüftextes, um die FX80 Kompatibilität zu testen

- Test auf Ziffern und Spezialzeichen

Es werden die Ziffern 0123456789 und die Zeichen +,.,/:-_ gedruckt

- Test auf alle Groß- und Kleinbuchstaben

- Test auf Verträglichkeit mit Carriage Return ohne Line Feed

- Test auf Verträglichkeit mit Back Space (Zeichen rückwärts)

- Test auf Grafik im Single-Density-Mode

- Test auf Grafik im Double-Density-Mode

- Test auf Rückschaltung in 80 Zeichen pro Zeile und 6 Zeilen pro Zoll

Es muß sich das gleiche Druckbild wie im Anhang Bild 1 ergeben

Der Papiervorschub muß genau 72 Zeilen a 1/6 Zoll betragen (12 Zoll)

5.) ASCII

Ausdruck eines Prüftestes zum Testen der Centronics-Schnittstelle

- Test auf Ziffern und Spezialzeichen

Es werden die Ziffern 0123456789 und die Zeichen +,.,/:-_ gedruckt

- Test auf alle Groß- und Kleinbuchstaben

- Test auf Verträglichkeit mit Carriage Return ohne Line Feed

Es muß sich das gleiche Druckbild wie im Anhang Bild 2 ergeben

Der Papiervorschub muß genau 72 Zeilen a 1/6 Zoll betragen (12 Zoll)

Kurzbeschreibung aller Bedienelemente

=====

Y-Input

Taste "V/Div+" und "V/Div-"

Verändern der Meßspannung pro Einheit. Bei gleichzeitigem Drücken beider Tasten stellt sich eine Eingangsempfindlichkeit von 200mV/div ein. (Bei einem Tastkopf 1:1)

Taste "Position Up" und "Position Down"

Verschiebt das Oszillogramm vor der Aufzeichnung nach oben bzw. nach unten. Bei gleichzeitigen Drücken beider Tasten ergibt sich die Neutralposition.

Taste "Probe"

Eingabe des Teilverhältnisses des gerade verwendeten Tastkopfes.

Schalter "AC/DC"

Wahlmöglichkeit, ob das Y-Eingangssignal mit Gleichspannungsanteil (DC) oder ohne (AC) an den Meßverstärker gelangt.

Buchse "Input"

Y-Eingang mit einem Eingangswiderstand von 1 MOhm parallel 40 pF.

Timebase

Timebase "+" und "-"

Verändern der Zeit pro Einheit. Bei gleichzeitigem Drücken beider Tasten stellt sich eine Zeitablenkung von 2 ms/div ein.

Cursor

Cursor 1 "Left" und "Right"

Mit diesen beiden Tasten wird der Cursor 1 wahlweise nach rechts oder links bewegt. Bei gleichzeitigem Drücken beider Tasten begibt er sich an die Position "50".

Cursor 2 "Left" und "Right"

Mit diesen beiden Tasten wird der Cursor 2 wahlweise nach rechts oder links bewegt. Bei gleichzeitigem Drücken beider Tasten begibt er sich an die Position "200".

Control

Taste "Funktion"

Dient zum Umschalten zwischen den Untermenüs.

Taste "Mode"

Dient zur Auswahl einer Funktion des mit "Funktion" gewählten Untermenüs.

Taste "Enter"

Startet die mit "Funktion" und "Mode" angewählte Meßart an.

Trigger -----

Taste "Mode"

Auswahl der Triggerart AUTO, NORM, MAN oder SINGLE

Taste "M/R"

Bei Triggerart AUTO bzw. NORM wird ein Neutriggern verhindert. Nochmaliges Drücken löscht den Meßwertspeicher und erlaubt Neutriggern.

Bei Triggerart MAN wird von Hand getriggert

Bei Triggerart SINGLE wird die Triggerung freigegeben.

Taste "+/-"

Auswahl der positiven oder der negativen Triggerflanke.

Taste "Ext"

Bestimmt, ob das Triggerereignis aus dem Meßsignal (INT) oder aus dem externen Triggereingang (EXT) gewonnen wird.

Schalter "AC/DC"

Wahlmöglichkeit, ob das externe Triggersignal mit Gleichspannungsanteil (DC) oder ohne (AC) an den Meßverstärker gelangt.

Taste "Up" und "Down"

Verschieben des Triggerpegels für die Triggerarten NORM und SINGLE

Buchse "Input"

Triggereingang mit einem Eingangswiderstand von 1 MΩ parallel 40 pF.

X-, Y-Ausgang -----

Buchse "X-Output"

Ausgangssignal für den X-Eingang des Oszilloskopes

Trimmer "X-Output"

Einstellen der Ausgangsspannung des X-Ausgangs im Bereich von $\pm 0V$ bis $\pm 5V$.

Buchse "Y-Output"

Ausgangssignal für den Y-Eingang des Oszilloskopes

Trimmer "Y-Output"

Einstellen der Ausgangsspannung des Y-Ausgangs von $+0,7V$ bis $+0,7V$ bis $-1,3V$.

Power -----

Led "Power"

Diese Lampe leuchtet, wenn die Stromversorgung des Speichervorsatzes eingeschaltet ist.

Schalter "Power"

Mit diesem Schalter wird die Stromversorgung des Speichervorsatzes sekundärseitig geschaltet. Der Netztransformator ist mit einer Thermosicherung gegen Überhitzen geschützt.

Im Gegensatz zum rein analog arbeitenden Oszilloskop haben wir es beim Speichervorsatz mit einem sogenannten zeit- und amplitudendiskreten Meßverfahren zu tun.

Wir geben hier nur eine ganz kurze Übersicht. Wer sich näher über diese Thematik informieren möchte, sei an die einschlägige Literatur verwiesen.

Amplitudendiskrete Aufzeichnung

Amplitudendiskret bedeutet, daß wir nicht, wie bei der analogen Aufzeichnung, beliebig viele Amplitudenwerte aufzeichnen, sondern daß wir die Signalproben dem am nächsten liegenden Digitalwert zuordnen.



Beispiel einer Gleichspannung

Das bedeutet, daß eine zu messende Gleichspannung, die genau zwischen zwei Digitalwerten (Quantisierungsstufen) liegt, nicht, wie beim analogen Oszilloskop, eine einzige durchgezogene Linie ergibt. Kleinste Rauschanteile tragen dazu bei, daß sich der A/D-Wandler nicht für einen eindeutigen Wert entscheiden kann. Es ergibt sich eine Linie, in der sich zwei benachbarte Werte ständig ablösen.

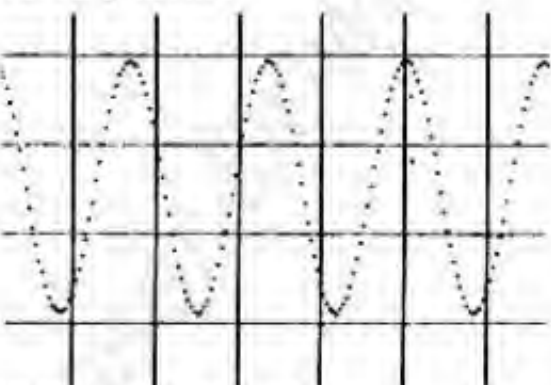
Diesen Effekt nennt man Quantisierungsrauschen. Deshalb wird z.B. auch bei allen Digitalmultimetern ein Fehler von ± 1 Digit zu dem normalen Meßfehler angegeben.

Genauso macht sich dies z.B. bei einem Sinussignal am Spitzenwert bemerkbar. Hier ändert sich über etliche Abtastwerte die Amplitude nur unwesentlich. Auch hier kann sich der A/D-Wandler nicht entschließen, welchen Wert er nehmen soll. In den Flanken eines Sinussignal, bei hoher Steigung fällt dieser Effekt nicht weiter auf, weil benachbarte Werte weit auseinander liegen.

Zeitdiskrete Aufzeichnung

Zeitdiskret bedeutet, daß wir nicht wie bei einer analogen Aufzeichnung kontinuierlich aufzeichnen, sondern nur zu ganz bestimmten diskreten Zeitpunkten. Alles was zwischen diesen Zeitpunkten liegt, wird nicht gemessen.

Bei der Aufzeichnung einer Gleichspannung bemerken wir die zeitdiskrete Abtastung nicht.



Beispiel einer Sinuskurve

Auf der Flanke z.B. eines Sinussignal ist sie jedoch ganz deutlich zu sehen. Anstelle einer durchgezogenen Linie tauchen plötzlich lauter einzelne Punkte auf. Sie entstehen dadurch, daß wir nur zu ganz bestimmten regelmäßig wiederkehrenden Zeitpunkten Signalproben aufnehmen. Von Abtastpunkt zu Abtastpunkt hat sich das Sinussignal aber schon stark in seiner Amplitude geändert.

Das Abtasttheorem

Das Abtasttheorem nach Shannon besagt, daß ein Signal nur dann eindeutig digitalisiert werden kann, wenn die Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß ist, wie der höchste Frequenzanteil im Signal. Für ein Sinussignal von z.B. 500 Hz bedeutet dies, daß die Abtastfrequenz größer als 1KHz sein muß. Ist das nicht der Fall, so spricht man von einer Unterabtastung.

Bei der Unterabtastung entsteht das sogenannte Aliasing. Das bedeutet, daß die Differenzfrequenzen zwischen Abtastfrequenz und Signalfrequenz im digitalen Signal untrennbar enthalten sind.

Um ein Signal mit einer bestimmten Abtastfrequenz digitalisieren zu können, müssen vorher in einem geeigneten Tiefpaßfilter alle Frequenzen, die höher als die halbe Abtastfrequenz sind, ausgefiltert werden.

Bei der Rückgewinnung des analogen Signals müssen nach der D/A-Wandlung ebenfalls alle Frequenzanteile, die größer als die halbe Abtastfrequenz sind, ausgefiltert werden.

Das folgende Beispiel zeigt, was passiert, wenn man diese Regeln nicht einhält:

Ein Beispiel für Unterabtastung

Stellen Sie die Zeitbasis des Speichervorsatzes auf 50 ms/div ein. Schalten Sie die automatische Frequenzmessung ein. Lassen Sie Cursor 1 an der Einschaltstellung stehen.

Nehmen Sie einen Sinusgenerator, und stellen Sie ihn auf eine Frequenz von ca. 500 Hz ein. Sehen Sie sich das Ausgangssignal des Sinusgenerators mit Hilfe des Speichervorsatzes an.

Wenn Sie die Frequenz des Sinusgenerators leicht verändern, erscheinen die seltsamsten Oszillogramme auf Ihrem Oszilloskop. Unter anderem können Sie durch leichtes Verstimmen des Sinusgenerators einen bis mehrere Kurvenzüge des Sinussignals erkennen.

Sie werden eine sehr niedrige Frequenz von z.B. 5 Hz messen.

Schalten Sie die Zeitbasis des Speichervorsatzes auf 500 μ s/div. Jetzt können Sie die tatsächliche Frequenz des Sinussignals von ca. 500 Hz messen.

Das gleiche funktioniert auch bei anderen Signalformen, wie z.B. einem Rechtecksignal.

Die Erklärung hierfür:

Dazu erinnern wir uns an die o.g. zeitdiskrete Abtastung. Hier wurde erklärt, daß bei dieser Abtastung zwischen den Abtastwerten beliebige Signalverläufe stattfinden können, die der Speichervorsatz nicht messen kann.

Bei 50 ms/div wird alle 2 msec ein Abtastwert aufgenommen. Das entspricht einer Abtastfrequenz von 500 Hz. Wird nun eine Frequenz von genau 500 Hz angelegt, so wird die Abtastung immer die gleiche Stelle des Sinussignals erwischen. Es scheint so, als ob eine Gleichspannung gemessen würde. Bei sehr kleiner Frequenzabweichung wird immer eine andere Stelle des Sinussignals abgetastet. So erscheint die Differenzfrequenz zwischen Abtastfrequenz und Meßfrequenz als Meßwert. (Aliasing)

Das funktioniert auch bei allen ganzzahligen Vielfachen von 500 Hz, wie z.B. bei 1KHz, 1,5KHz etc.

Bei der Unterabtastung erhält man immer die Kurvenform des ursprünglichen Meßsignals. Bei sogenannten Sampling-Oszilloskopen wird dieser Effekt benutzt, um Frequenzen im GHz-Bereich mit einer Abtastfrequenz im MHz-Bereich zu messen. Man benötigt hierfür allerdings Abtaststufen (Samplingstufen) mit einer Schaltzeit im Pikosekundenbereich und extrem breitbandige Verstärker.

Beim DIGI-SCOPE-CONVERTER 500 lassen sich wegen der begrenzten Bandbreite des Y-Verstärkers nur Frequenzen bis zu ca. 100 KHz so messen. Aber Vorsicht ! In das Meßergebnis kann man alles hineininterpretieren was man will. Man sollte schon sehr genau wissen, was man mißt.

Gerade die Vieldeutigkeit der erhaltenen Meßergebnisse ist eine der Hauptschwierigkeiten beim Messen mit Samplingoszilloskopen.

Wie kann man die Unterabtastung vermeiden ?

Sorgen Sie immer dafür, daß die Abtastfrequenz groß gegenüber der zu messenden Signalfrequenz ist. In den meisten niederfrequenten Vorgängen sind keine höheren Frequenzanteile enthalten, so daß sich diese Problematik gar nicht erst stellt.

Sind Sie nicht ganz sicher, so sehen Sie sich das zu messende Signal zunächst in einem der schnellen Zeitbereiche an. Wenn Sie dort keine höherfrequenten Anteile entdecken, können Sie unbesorgt messen.

Sie können aber auch die unerwünschten Signalanteile vorher mit einem geeigneten Tiefpaßfilter ausfiltern. Ein RC-Tiefpaßfilter z.B. sollte eine 3 dB-Eckfrequenz von ca. einem zehntel der Abtastfrequenz besitzen. Mehrpolige Filter empfehlen sich in der Regel wegen des damit verbundenen Aufwandes nicht.

Technische Daten

=====

Y-Verstärker:

Bandbreite: 100 KHz
 Eingangswiderstand: 1 MOhm parallel 40 pF in allen Bereichen
 (Geeignet für normale Testköpfe)
 Kopplung: Wahlweise DC oder AC über 100nF
 Verstärkungsfehler: Max. 1 %
 Max. Eingangsspannung: +/- 250 Volt
 Max. Meßspannung: + 30 Volt, - 35 Volt
 Lageverschiebung: +/- 8 Einheiten
 Fehler dadurch: Max. 2 % bei 8 Einheiten
 Fehler wächst linear mit der Lageverschiebung

Eingangsteiler:

Fehler: ca. 1 %
 Empfindlichkeit:

V/div	V/Digit	V/8div
50 mV	1,5625mV	400 mV
100mV	3,125 mV	800 mV
200mV	6,25 mV	1,6 V
500mV	15,625mV	4,0 V
1 V	31,25 mV	8,0 V
2 V	62,5 mV	16,0 V
5 V	156,25mV	40,0 V

A/D-Wandler:

Auflösung: 8 Bit, d.h. 256 Stufen
 Linearitätsfehler: +/- 1/2 LSB
 Eingangsspannung: 0 V bis + 4 Volt

X-Ausgang:

Max. Ausgangsspannung: Symmetrisch: +/- 5 Volt
 Bezugspegel: 0 Volt

Y-Ausgang:

Max. Ausgangsspannung: Asymmetrisch: +2,7V, -1,3 Volt
 Bezugspegel: +0,7 Volt

Zeitbasis:

Zeitfehler: Kleiner 0,01 %
 Zeitbereiche: 100us, 200us, 500us, 1 ms, 2 ms, 5 ms,
 10 ms, 20 ms, 50 ms, 100ms, 200ms, 500ms,
 1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 20 s, 50 s,
 100 s, 200 s, 500 s, 1000s, 2000s, 5000s,
 10 ks, 20 ks, 50 ks pro Einheit
 25 Abtastwerte pro Einheit

Abtastwerte/div:

Triggereingang:

Empfindlichkeit: Triggert ab ca. 200 mVss
 Linearer Bereich: +/- 2 Volt
 Max. Eingangsspannung: +/- 250 Volt
 Eingangswiderstand: 1 MOhm parallel 40 pF

Kopplung:

Speicher:

(Geeignet für normale Testköpfe)
 Wahlweise DC oder AC über 100nF
 3 Stück zu je 251 Byte a. 8 Bit
 Aufzeichnungsspeicher am A/D-Wandler
 Meßwertspeicher zum Messen
 Referenzspeicher
 Prozessor: Z80A mit 4 MHz

Die Angabe /div (pro Einheit) bezieht sich auf ein Kästchen des Meßgitters.

Abgleich des Speichervorsatzes

=====

Dank der flexiblen Mikroprozessorsteuerung bleiben nur noch sehr wenige Abgleichpunkte übrig. Die meisten Abgleicharbeiten werden von Prozessor nach dem Einschalten automatisch durchgeführt.

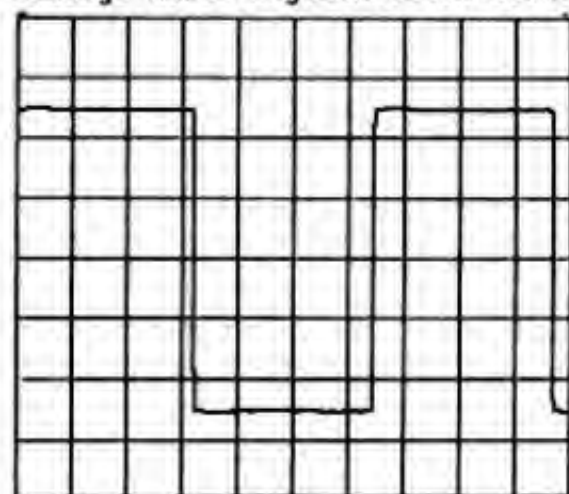
Das Gerät wird vom Werk aus fertig abgeglichen geliefert. Nach langer Betriebszeit kann ein Neuabgleich eventuell erforderlich werden. Beachten Sie aber, daß bei allen anderen Eingriffen in das Gerät die Garantie erlischt !

Abgleich des Frequenzganges des Y-Eingangsteilers

Der Y-Eingang verfügt über einen prozessorgesteuerten Eingangsmultiplexer, der hinter dem Eingangsteiler sitzt. Der Eingangsteiler besitzt vorne links im Gerät einen Trimmkondensator zum Abgleich des Frequenzganges.

Zum Abgleich legen Sie an den Y-Eingang eine Rechteckspannung von ca. 1 KHz an. Zu diesem Abgleich wird der Speichervorsatz ganz normal als Speichervorsatz betrieben. Er stellt auf dem angeschlossenen Oszilloskop das von ihm gemessene Rechtecksignal dar.

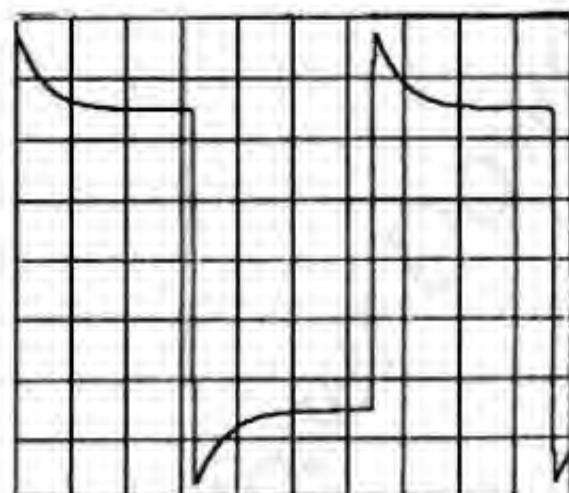
Bei diesem Abgleich muß die untere Gehäuseschale montiert sein und an die analoge Masse angeschlossen sein.



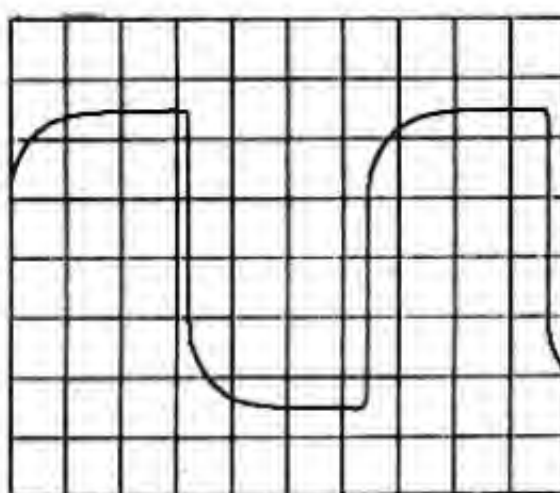
Schalten sie den Eingangsteiler auf 100 mV/div (Testkopf 1:1).

Stellen Sie dieses Rechtecksignal ohne Obersteuerung jedoch mit möglichst großer Amplitude dar. Verstellen Sie jetzt den Trimmkondensator solange, bis Sie ein Rechtecksignal mit möglichst wenig Überschwinger, aber auch ohne langsames Einkriechen sehen. Überprüfen Sie diese Einstellung auch in den Bereichen 50 mV/div und 200 mV/div. Suchen Sie eine für alle drei Bereiche optimale Einstellung.

Richtige Einstellung



Zu starke Überschwinger



Zu langsames Einkriechen

Abgleich des Frequenzganges des Triggerteilers

Auch der Triggereingang verfügt über einen Eingangsteiler. Sein Frequenzgang läßt sich an dem Trimmkondensator vorn in der Mitte abgleichen. Speisen Sie ein Rechtecksignal von ca. 1 KHz mit ca. 2 V_{SS} Amplitude am Triggereingang ein.

Messen Sie jetzt mit Ihrem Oszilloskop ohne den Speichervorsatz zu verwenden, das Signal am Meßpunkt "TP TG in". Hier muß ein Rechtecksignal erscheinen. Zum Abgleich ist der Trimmkondensator solange zu verstellen, bis sich ein optimaler Rechteck ergibt. Siehe dazu auch die o.g. Oszillogramme. Bei diesem Abgleich muß die untere Gehäuseschale montiert sein und an die analoge Masse angeschlossen sein.

Abgleich der Referenzspannung

Diesen Abgleich sollten Sie nur vornehmen, wenn Sie über ein Multimeter mit einem Meßfehler kleiner als 1 % verfügen.

Stellen Sie die Spannung am Testpunkt "TREF" auf + 4,00 Volt mit dem Trimpotentiometer in der Mitte links ein. Von dieser Spannung hängt der gesamte Geräteabgleich ab. Diese Referenzspannung wird für den A/D-Wandler, die D/A-Wandler und die Verstärkerzweige verwendet.

Oberprüfen der Versorgungsspannungen

Der Speichervorsatz wird durch mehrere Festspannungsregler versorgt. Die Ausgangsspannungen müssen folgende Werte annehmen:

Testpunkt	Spannung	Bemerkung
TP +5VD	+5V +/- 5 %	Versorgung Digitalteil
TP +12VA	+12V +/- 5%	Versorgung Analogteil
TP -12VA	-12V +/- 5%	Versorgung Analogteil
TP +5VA	+5V +/- 5%	Versorgung A/D-Wandler, Referenz
TP -8VA	-7V +/- 1V	Hilfsspannung für Multiplexer

Anschluß der Gehäuseschalen

Zum einwandfreien Betrieb müssen die Gehäuseschalen elektrisch mit der Analogmasse verbunden sein. Nur dadurch ist eine ausreichende Abschirmung für den Y-Verstärker gegeben. Die Gehäuseschalen sind auf der linken Geräteseite durch zwei Schrauben mit der Analogmasse verbunden. Achten Sie darauf, daß diese Verbindung wieder hergestellt wird.

Weitere Abgleicharbeiten sind nicht erforderlich.

Beim Betrieb mit einem FX80 kompatiblen Drucker werden die unten aufgeführten Steuersequenzen verwendet. Falls Ihr Drucker diese Sequenzen genauso interpretiert, sollte ein Grafikausdruck möglich sein. Im Zweifelsfall ziehen Sie bitte das Handbuch Ihres Druckers zu Rat.

BS	Backspace, Zeichenrückschritt
CR	Carriage Return, Wagenrücklauf ohne Zeilenvorschub
CR LF	Carriage Return mit Linefeed, Wagenrücklauf mit Zeilenvorschub
ESC,'!',0	Non Condensed Mode, d.h. 80 Zeichen pro Zeile
ESC,'T'	Indices aus
ESC,'3',24	Linespacing = $24/216'' = 9$ Zeilen/Zoll
ESC,'K',252,0	Bit-Image-Mode, Single Density, 8 Nadeln, 252 Pixel
ESC,'L',248,1	Bit-Image-Mode, Double Density, 8 Nadeln, 504 Pixel

Es werden 36 Zeilenvorschubzeichen ausgegeben. Damit ergeben sich genau zwei Oszillogramme pro Druckerpapierseite.

ASCII Drucksteuerzeichen

=====

In den ASCII-Druckarten wird nur ein absolutes Minimum an Steuerzeichen verwendet, um mit möglichst vielen Druckern und umgerüsteten Schreibmaschinen kompatibel zu sein.

ASCII-Druck mit Gitterlinien (Pseudografik)

In dieser Betriebsart werden folgende Steuerzeichen verwendet:

CR	Carriage Return, Wagenrücklauf ohne Zeilenvorschub
CR LF	Carriage Return mit Linefeed, Wagenrücklauf mit Zeilenvorschub

Um eine Amplitudenauflösung von 64 Werten zu bekommen, werden die beiden Strichsymbole "-" und " " verwendet.
Der Drucker sollte auf Zeilenabstand 1 bei 12 Zeichen pro Zoll eingestellt werden. Dabei müssen 80 Zeichen in eine Druckzeile passen.
Es werden 42 Zeilen bedruckt. Es werden 72 Zeilenvorschubzeichen ausgegeben.

ASCII-Druck ohne Gitterlinien (Pseudografik)

In dieser Betriebsart werden folgende Steuerzeichen verwendet:

CR LF	Carriage Return mit Linefeed, Wagenrücklauf mit Zeilenvorschub
-------	--

Um eine Amplitudenauflösung von 64 Werten zu bekommen, werden die beiden Strichsymbole "-" und " " verwendet.
Der Drucker sollte auf Zeilenabstand 1 bei 12 Zeichen pro Zoll eingestellt werden. Dabei müssen 80 Zeichen in eine Druckzeile passen.
Es werden 42 Zeilen bedruckt. Es werden 72 Zeilenvorschubzeichen ausgegeben.

ASCII-Druck als Tabelle

In dieser Betriebsart werden folgende Steuerzeichen verwendet:

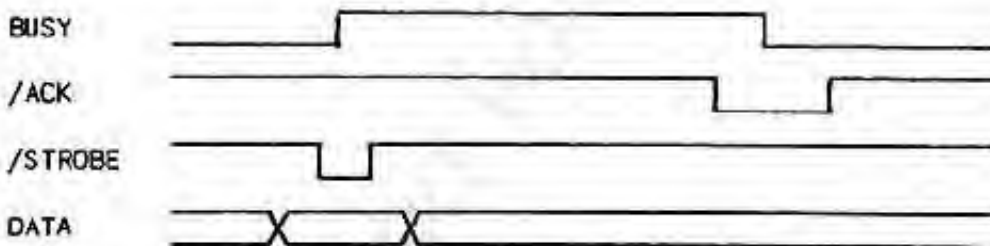
CR LF	Carriage Return mit Linefeed, Wagenrücklauf mit Zeilenvorschub
-------	--

Der Drucker sollte auf Zeilenabstand 1 bei 12 Zeichen pro Zoll eingestellt werden. Dabei müssen 80 Zeichen in eine Druckzeile passen.
Es werden 62 Zeilen bedruckt. Es werden 72 Zeilenvorschubzeichen ausgegeben.

Der Centronicsausgang besitzt eine 36-polige Ausgangsbuchse. Als Handshakeleitungen werden die Leitungen "BUSY", "ACK" und "STROBE" verwendet. Im FX80-Mode werden alle 8 Datenleitungen benutzt, im ASCII-Mode sind es nur 7.

Pin	Funktion	I/O	Pin	Funktion	I/O	
1	/STROBE	Out	19	Masse	-	/STROBE ist das Taktsignal für die Datenübergabe
2	Data 1	Out	20	Masse	-	
3	Data 2	Out	21	Masse	-	
4	Data 3	Out	22	Masse	-	Data 1 (LSB) bis Data 8 sind die 8 Datenleitungen
5	Data 4	Out	23	Masse	-	
6	Data 5	Out	24	Masse	-	
7	Data 6	Out	25	Masse	-	/ACK ist eines der Handshakeleitungen vom Drucker
8	Data 7	Out	26	Masse	-	
9	Data 8	Out	27	Masse	-	
10	/ACK	In	28	Masse	-	BUSY ist ebenfalls eine der Handshakeleitungen vom Drucker.
11	BUSY	In	29	Masse	-	
12	---	-	30	Masse	-	
13	---	-	31	---	-	
14	---	-	32	---	-	
15	---	-	33	---	-	
16	Masse	-	34	---	-	
17	Masse	-	35	---	-	
18	---	-	36	---	-	

Zeitdiagramm zum Centronicsausgang



Wenn das BUSY-Signal auf "0" und das /ACK-Signal auf "1" ist, so signalisiert der Drucker, daß er bereit ist, ein neues Druckzeichen aufzunehmen. Der Speichervorsatz legt daraufhin die Druckdaten auf die 8 Datenleitungen. Minimal 1 μ s später setzt er das /STROBE-Signal für mindestens 1 μ s auf "0". Das veranlaßt den Drucker die Daten zu übernehmen und das BUSY-Signal auf "1" zu setzen.

Minimal 1 μ s nach dem das /STROBE-Signal auf "0" war, werden die Daten von den Datenleitungen genommen.

Jetzt wartet der Speichervorsatz darauf, daß BUSY wieder auf "0" und /ACK wieder auf "1" geht.

Danach kann ein neues Druckzeichen übertragen werden.

Die Verbindungsleitung zum Drucker darf nicht länger als 2 Meter sein. Es sind alle Masseleitungen einzeln zu verbinden. So ergibt sich ein minimales Übersprechen zwischen den Datenleitungen.

Eingangsverstärker

Das Eingangssignal gelangt über den AC/DC-Schalter auf den prozessorgesteuerten Eingangsabschwächer. Um die Strahlmenge einstellen zu können, wird dem Eingangssignal eine vom Prozessor gelieferte Gleichspannung überlagert. Ein nachfolgender Verstärker bereitet das Signal für den A/D-Wandler auf.

A/D-Wandlung

Das Eingangssignal wird mit einem schnellen 8-Bit Parallel-A/D-Wandler digitalisiert. Dadurch wird eine Auflösung von 256 Amplitudenwerten erreicht. Bei dieser Auflösung ist die Quantisierung durch den A/D-Wandler aus dem Oszilloskopschirm bei vielen Signalen vernachlässigbar.

Durch die hohe Abtastfrequenz von 250 KHz des Flash-Wandlers können Messungen im gesamten Tonfrequenzbereich ausgeführt werden.

Triggereingang

Das externe Triggersignal wird über den AC/DC-Schalter einem Vorverstärker zugeführt. An dessen Ausgang befindet sich der Umschalter für internen/externen Trigger. Es folgt ebenfalls eine Überlagerung einer vom Prozessor gelieferten Gleichspannung, um den Triggerpegel einstellen zu können. Ein steuerbarer Inverter selektiert die positive oder negative Triggerflanke.

Ausgangsstufen

Der Prozessor berechnet zyklisch die X- und Y-Adressen der darzustellenden Bildpunkte. Zwei D/A-Wandler erzeugen daraus die X- und Y-Ablenkspannungen für das Oszilloskop. Um auch Oszilloskope mit einem festen X-Eingang ansteuern zu können, wird das Ausgangssignal des X-Verstärkers auf ± 5 Volt verstärkt.

Systemsteuerung

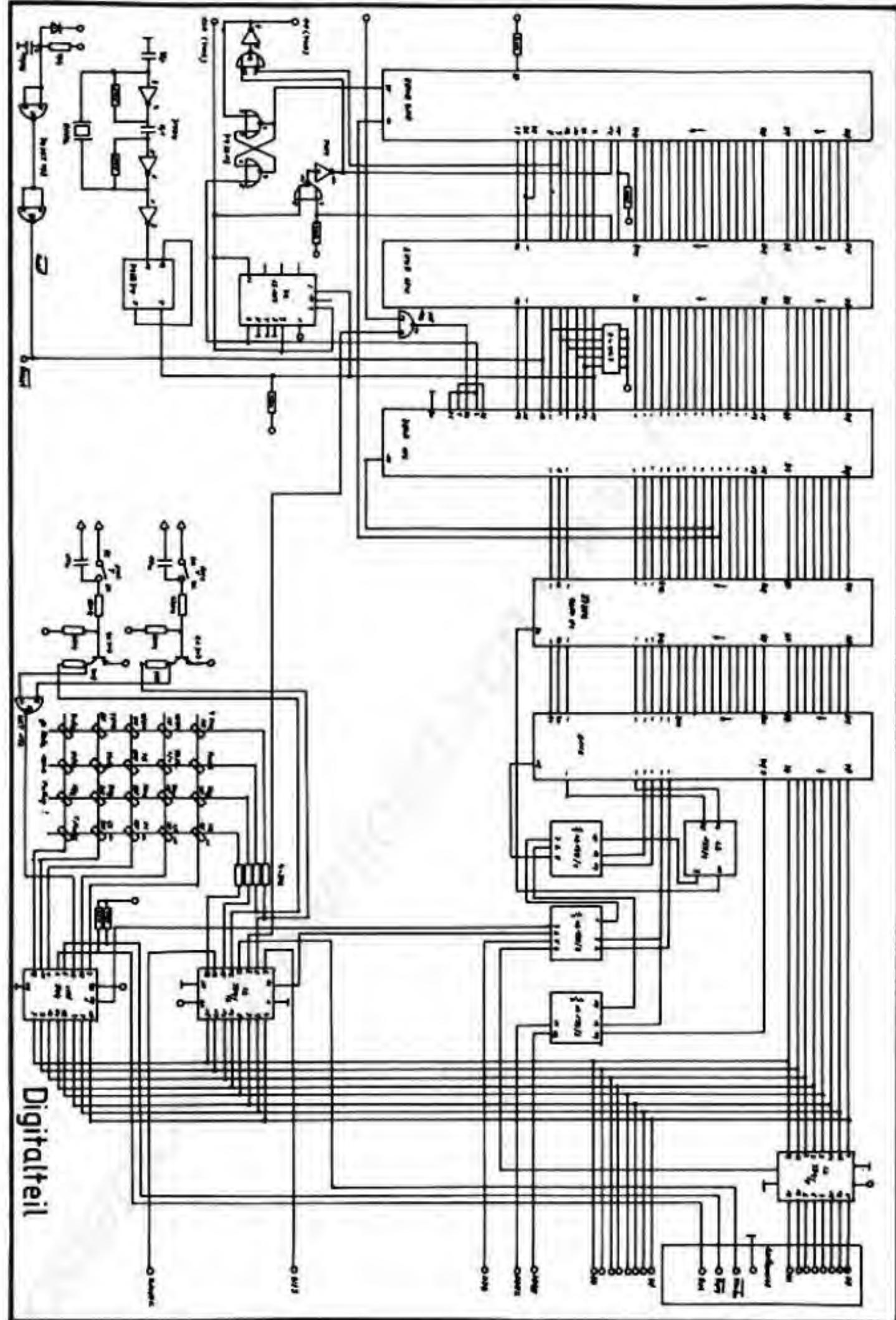
Die Bedienung des Speichervorsatzes erfolgt durch vom Prozessor abfragbare Tasten und Schalter auf der Vorderseite des Gerätes. Die Anordnung der Tasten entspricht, der Übersichtlichkeit halber, der normaler Oszilloskope.

Prozessorteil

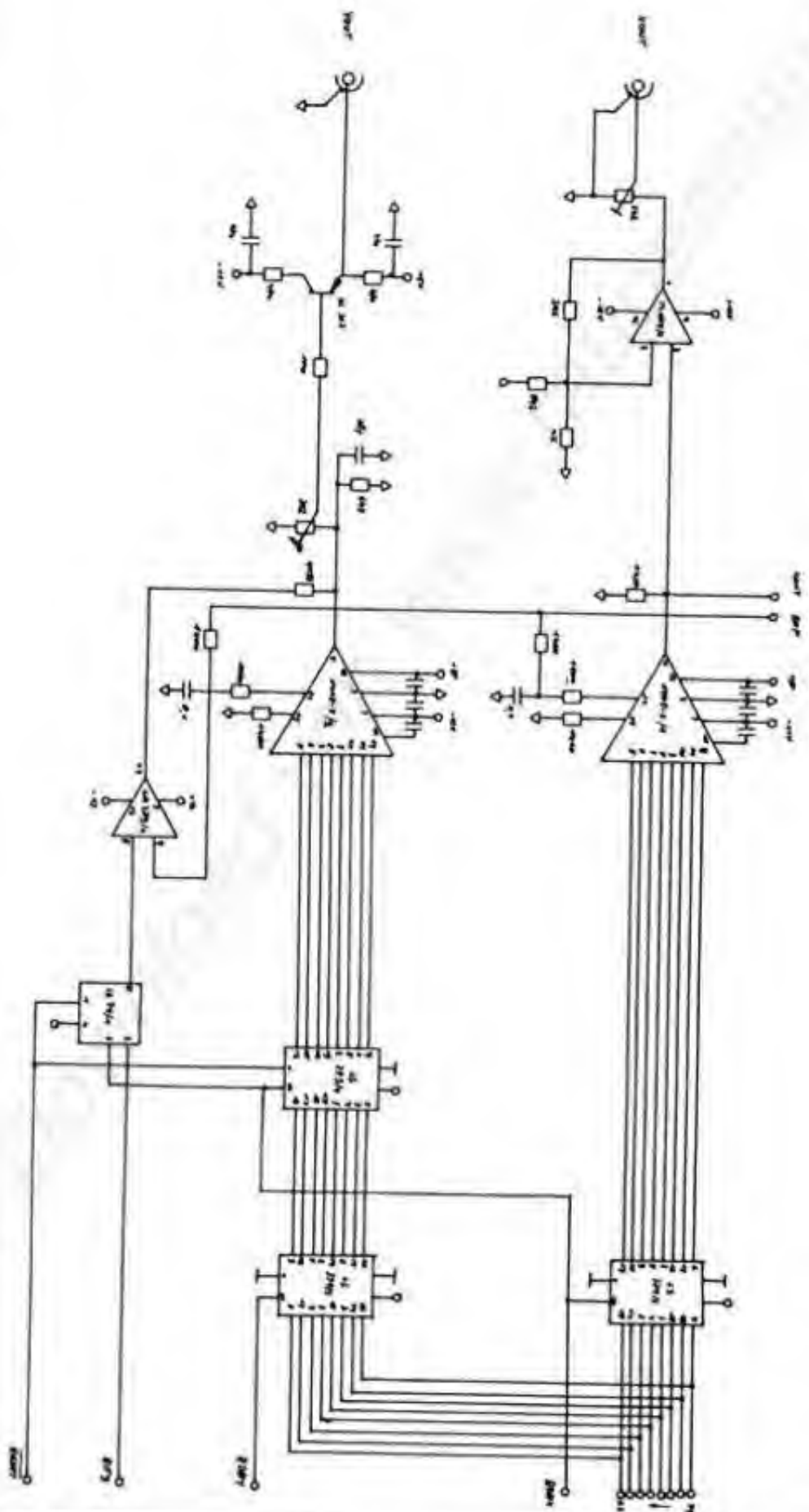
Wegen der hohen Abtastfrequenz von 250 KHz werden die Abtastwerte per DMA in den prozessorinternen Speicher eingeschrieben. Ein Timer kontrolliert über die Abtastfrequenz die Zeitablenkung. Ein aufwendiges Rechenprogramm berechnet laufend aus den Abtastwerten die anzuzeigenden Meßwerte. Weil die Berechnung der Bildpunkte sehr viel Rechenzeit benötigt, wird ein Z80 A mit 4 MHz eingesetzt.

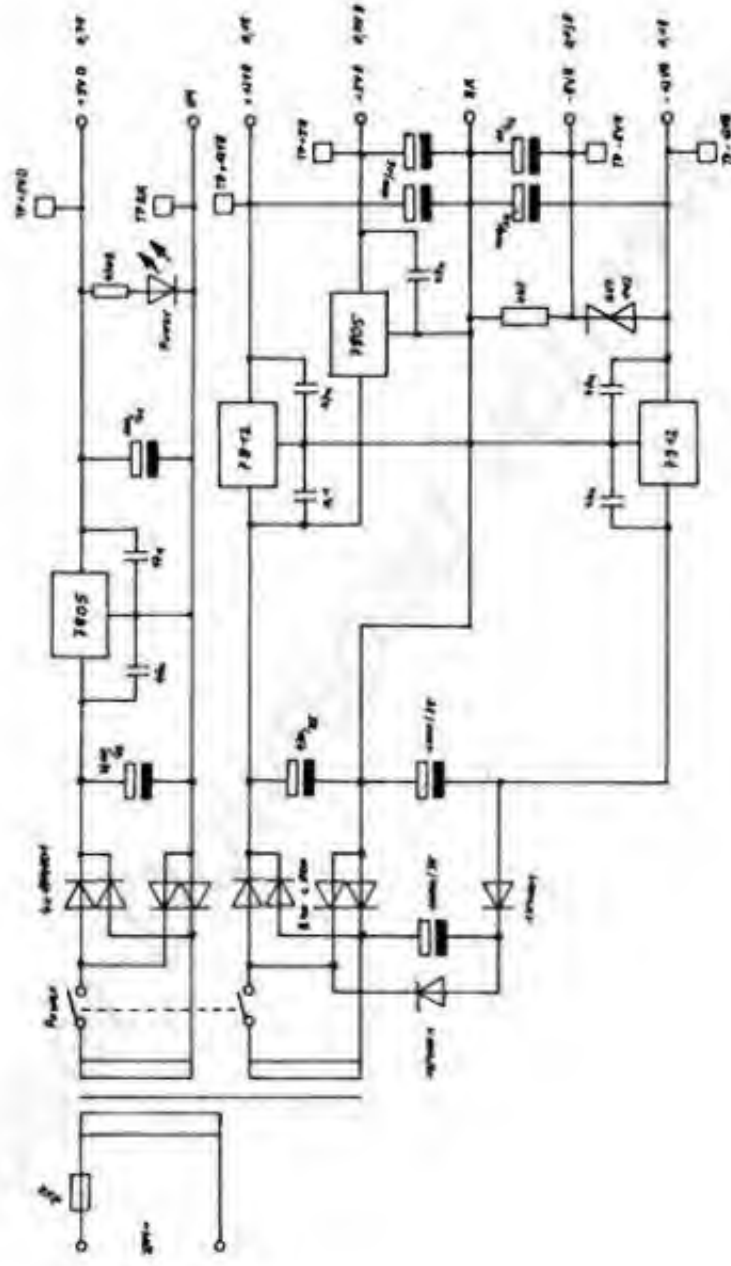
Stromversorgung

Alle Spannungsversorgungen werden mit integrierten Spannungsreglern erzeugt. Um gegenseitige Beeinflussungen zu vermeiden, sind im Netzteil die analoge und die digitale Stromversorgung streng voneinander getrennt.



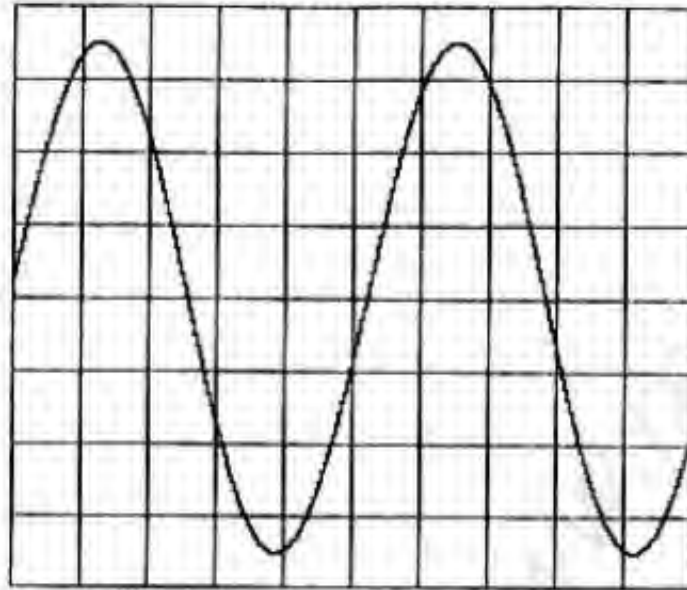
D/A Umsetzer, Ausgangsstufen





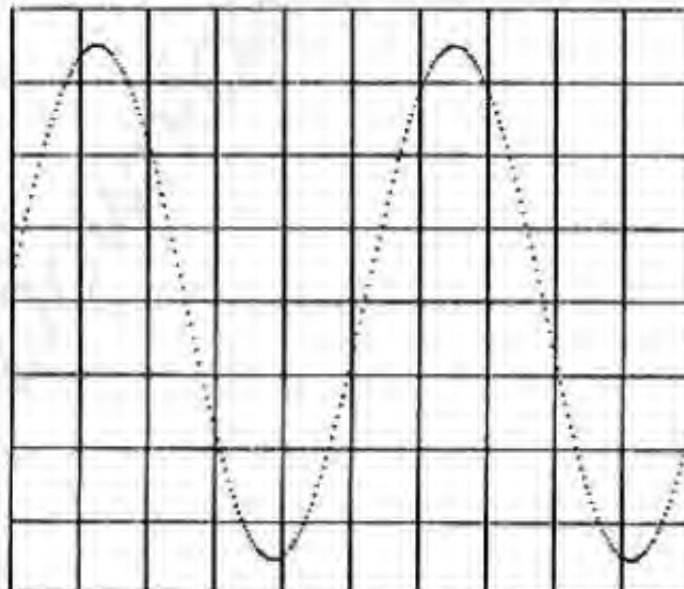
Stromversorgung

Y-Input: 1 V/div Timebase: 1 ms/div Trigger: AUTO INT AC POS
 DC 1:10
 Effektivwert: 2.473 V



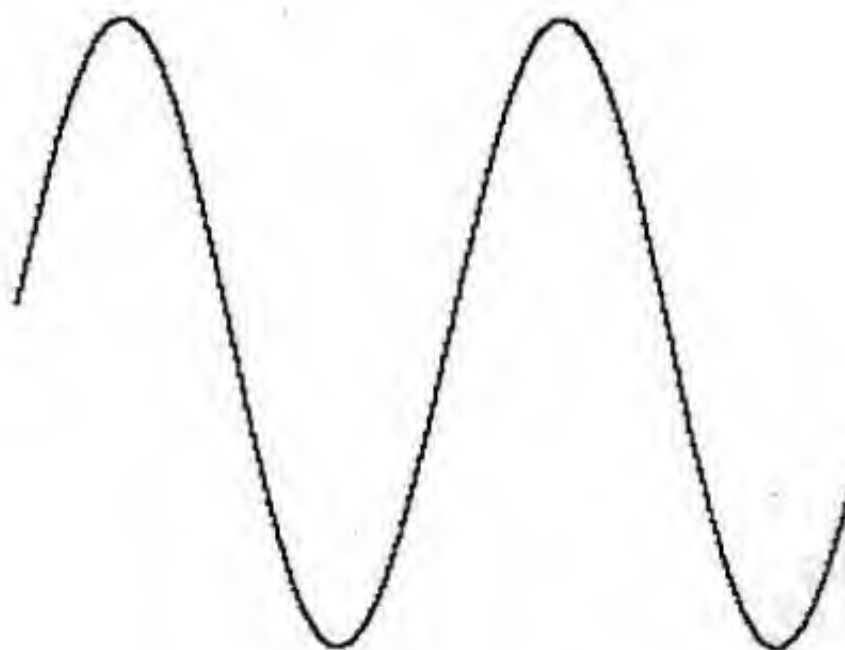
VOLTCRAFT Digi-Scope-Converter 500 V 1.0

Y-Input: 1 V/div Timebase: 1 ms/div Trigger: AUTO INT AC POS
 DC 1:10
 Effektivwert: 2.473 V



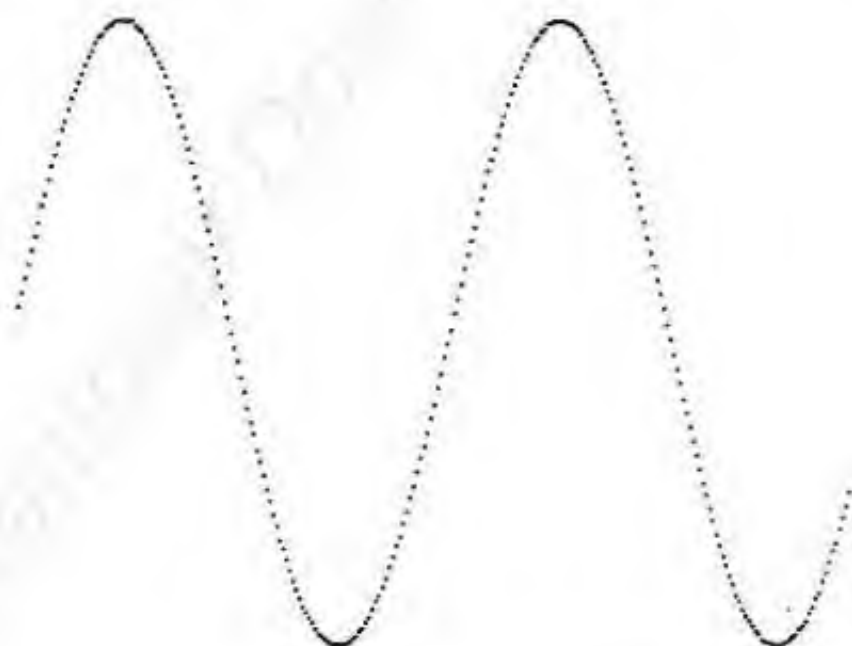
VOLTCRAFT Digi-Scope-Converter 500 V 1.0

Y-Input: Timebase: Trigger: Cursor 1: 058: +968.7mV
1 V/div 1 ms/div AUTO Cursor 2: 189: +1.031 V
DC 1:10 INT AC
PDS
Effektivwert: 2.474 V



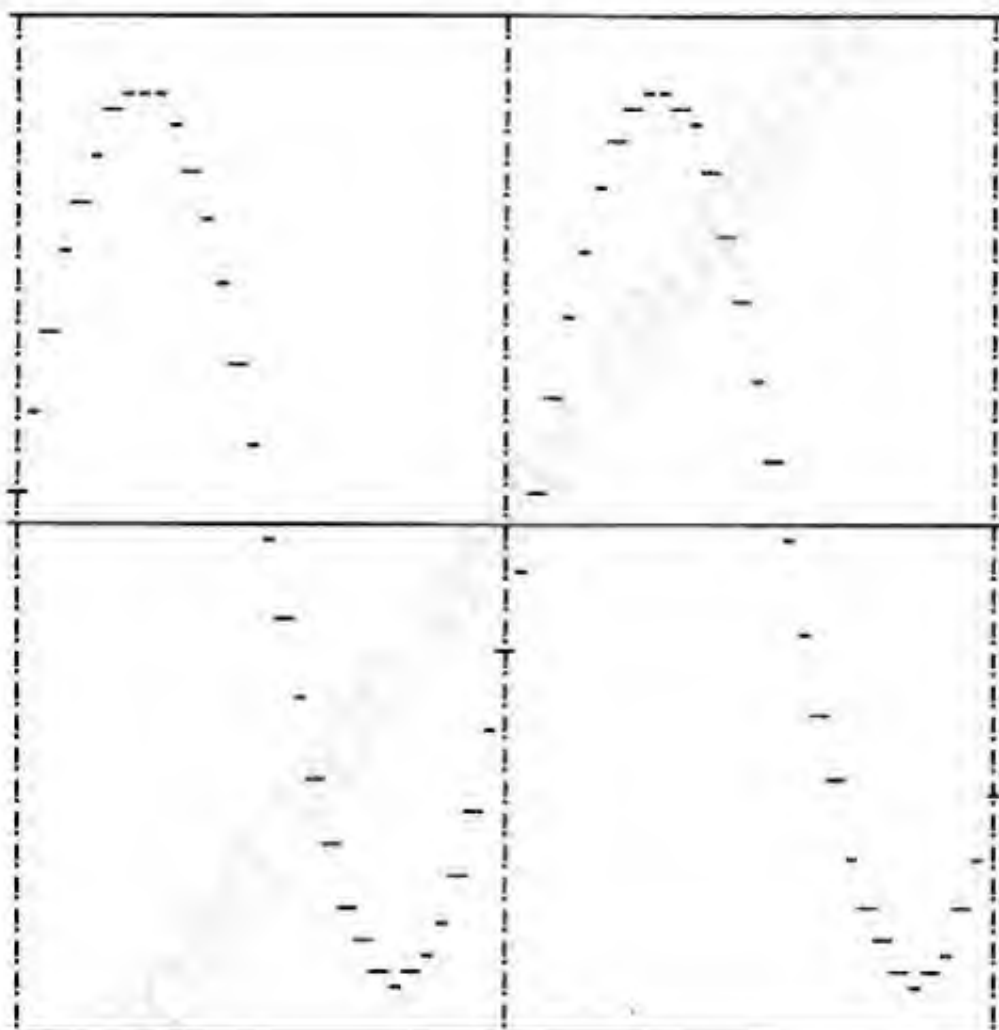
VOLTCRAFT Digi-Scope-Converter 500

Y-Input: Timebase: Trigger: Cursor 1: 058: +968.7mV
1 V/div 1 ms/div AUTO Cursor 2: 189: +1.031 V
DC 1:10 INT AC
PDS
Effektivwert: 2.474 V



VOLTCRAFT Digi-Scope-Converter 500

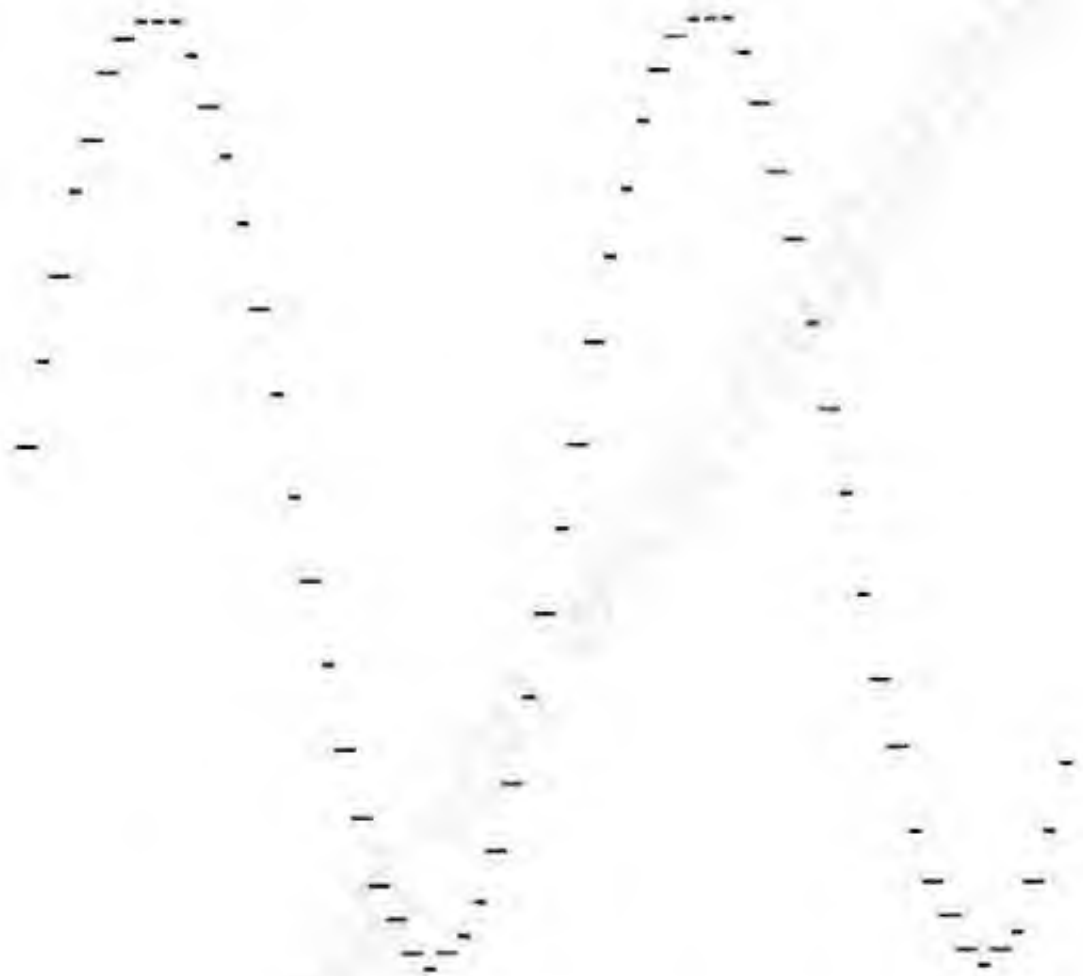
Y-Input: 1 V/div DC 1:10 Timebase: 1 ms/div Trigger: AUTO INT AC POS Cursor 1: 058: +968.7mV Cursor 2: 189: +1.031 V Effektivwert: 2.476 V



VOLTCRAFT Digi-Scope-Converter: 500 V 1.0

Y-Input: Timebase: Trigger: Cursor 1: 058: +968.7mV
1 V/div 1 ms/div AUTO Cursor 2: 189: +1.031 V
DC 1:10 INT AC
POS

Effektivwert: 2.475 V



VOLTCRAFT Digi-Scope-Converter 500 V 1.0

Y-Input: Timebase: Trigger: Cursor 1: 058: +968.7mV
 1 V/div 1 ms/div AUTO Cursor 2: 189: +1.031 V
 DC 1:10 INT AC
 POS

Effektivwert: 2.476 V

000:+281.2mV	050:+2.156 V	100:-3.500 V	150:+2.843 V	200:-781.2mV
001:+437.5mV	051:+2.031 V	101:-3.468 V	151:+2.937 V	201:-968.7mV
002:+593.7mV	052:+1.875 V	102:-3.437 V	152:+3.031 V	202:-1.125 V
003:+750.0mV	053:+1.718 V	103:-3.375 V	153:+3.093 V	203:-1.281 V
004:+906.2mV	054:+1.593 V	104:-3.343 V	154:+3.187 V	204:-1.437 V
005:+1.093 V	055:+1.437 V	105:-3.281 V	155:+3.250 V	205:-1.562 V
006:+1.218 V	056:+1.281 V	106:-3.218 V	156:+3.312 V	206:-1.718 V
007:+1.406 V	057:+1.125 V	107:-3.125 V	157:+3.343 V	207:-1.875 V
008:+1.562 V	058:+968.7mV	108:-3.062 V	158:+3.406 V	208:-2.000 V
009:+1.687 V	059:+812.5mV	109:-2.968 V	159:+3.437 V	209:-2.156 V
010:+1.843 V	060:+656.2mV	110:-2.875 V	160:+3.468 V	210:-2.281 V
011:+1.968 V	061:+468.7mV	111:-2.781 V	161:+3.468 V	211:-2.406 V
012:+2.125 V	062:+312.5mV	112:-2.656 V	162:+3.468 V	212:-2.531 V
013:+2.250 V	063:+156.2mV	113:-2.531 V	163:+3.468 V	213:-2.656 V
014:+2.375 V	064:-31.25mV	114:-2.406 V	164:+3.468 V	214:-2.750 V
015:+2.468 V	065:-187.5mV	115:-2.281 V	165:+3.468 V	215:-2.875 V
016:+2.593 V	066:-375.0mV	116:-2.156 V	166:+3.437 V	216:-2.968 V
017:+2.718 V	067:-531.2mV	117:-2.031 V	167:+3.406 V	217:-3.031 V
018:+2.812 V	068:-718.7mV	118:-1.875 V	168:+3.375 V	218:-3.125 V
019:+2.906 V	069:-875.0mV	119:-1.750 V	169:+3.312 V	219:-3.218 V
020:+3.000 V	070:-1.031 V	120:-1.593 V	170:+3.250 V	220:-3.281 V
021:+3.093 V	071:-1.187 V	121:-1.437 V	171:+3.187 V	221:-3.312 V
022:+3.156 V	072:-1.343 V	122:-1.281 V	172:+3.125 V	222:-3.375 V
023:+3.218 V	073:-1.500 V	123:-1.125 V	173:+3.031 V	223:-3.437 V
024:+3.281 V	074:-1.625 V	124:-1.000 V	174:+2.968 V	224:-3.468 V
025:+3.343 V	075:-1.781 V	125:-812.5mV	175:+2.875 V	225:-3.500 V
026:+3.375 V	076:-1.937 V	126:-656.2mV	176:+2.781 V	226:-3.531 V
027:+3.406 V	077:-2.062 V	127:-468.7mV	177:+2.687 V	227:-3.531 V
028:+3.437 V	078:-2.218 V	128:-312.5mV	178:+2.562 V	228:-3.531 V
029:+3.468 V	079:-2.343 V	129:-125.0mV	179:+2.468 V	229:-3.531 V
030:+3.468 V	080:-2.468 V	130:+31.25mV	180:+2.343 V	230:-3.531 V
031:+3.468 V	081:-2.593 V	131:+187.5mV	181:+2.218 V	231:-3.500 V
032:+3.468 V	082:-2.687 V	132:+375.0mV	182:+2.062 V	232:-3.468 V
033:+3.468 V	083:-2.812 V	133:+531.2mV	183:+1.937 V	233:-3.437 V
034:+3.437 V	084:-2.906 V	134:+687.5mV	184:+1.812 V	234:-3.406 V
035:+3.406 V	085:-3.000 V	135:+843.7mV	185:+1.656 V	235:-3.343 V
036:+3.375 V	086:-3.093 V	136:+1.000 V	186:+1.500 V	236:-3.312 V
037:+3.343 V	087:-3.156 V	137:+1.156 V	187:+1.343 V	237:-3.218 V
038:+3.281 V	088:-3.250 V	138:+1.312 V	188:+1.187 V	238:-3.156 V
039:+3.218 V	089:-3.281 V	139:+1.468 V	189:+1.031 V	239:-3.093 V
040:+3.156 V	090:-3.343 V	140:+1.625 V	190:+875.0mV	240:-3.000 V
041:+3.093 V	091:-3.406 V	141:+1.781 V	191:+718.7mV	241:-2.906 V
042:+3.000 V	092:-3.437 V	142:+1.906 V	192:+562.5mV	242:-2.812 V
043:+2.937 V	093:-3.468 V	143:+2.062 V	193:+375.0mV	243:-2.718 V
044:+2.843 V	094:-3.500 V	144:+2.187 V	194:+218.7mV	244:-2.593 V
045:+2.718 V	095:-3.531 V	145:+2.312 V	195:+62.50mV	245:-2.468 V
046:+2.625 V	096:-3.531 V	146:+2.437 V	196:-125.0mV	246:-2.343 V
047:+2.531 V	097:-3.531 V	147:+2.531 V	197:-281.2mV	247:-2.218 V
048:+2.406 V	098:-3.531 V	148:+2.656 V	198:-437.5mV	248:-2.093 V
049:+2.281 V	099:-3.531 V	149:+2.750 V	199:-625.0mV	249:-1.937 V

250:-1.812 V

VOLTCRAFT Digi-Scope-Converter 500 V 1.0

012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789!+-,./:~!+-,./:~!
012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789!+-,./:~!+-,./:~!
012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789!+-,./:~!+-,./:~!
012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789!+-,./:~!+-,./:~!
012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789!+-,./:~!+-,./:~!

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ